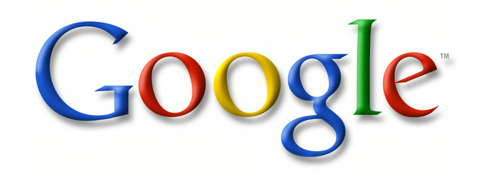
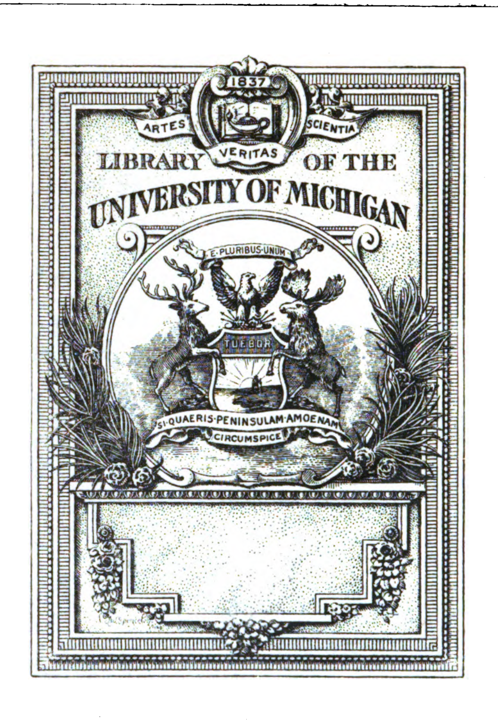



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME V.

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

---

TOME CINQUIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, rue de Sorbonne, n° 3, près celle des Mathurins.

1817.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

# ANNALES

## DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

EXTRAIT *d'un Mémoire intitulé :* Examen de quelques minéraux trouvés dans les environs de Fahlun, et de leur gisement.

Par GAHN, BERZELIUS, WALLMAN et EGGERTZ.

Inséré dans le 5[me] volume de *Afhandlingar i Fysik och Kemi.*

*Découverte d'une nouvelle terre à laquelle M. Berzelius a donné le nom de* thorine (1).

LES environs de la ville de Fahlun étant remarquables par la quantité de minéraux peu communs qui y ont été trouvés, MM. Gahn, Berzelius, Wallman et Eggertz se

(1) M. le chevalier d'Ohsson, ministre plénipotentiaire de Sa Majesté le roi de Suède près la cour des Pays-Bas, a bien voulu prendre la peine de faire cet extrait, et nous le communiquer.

proposèrent de les examiner avec soin, sous les rapports géognostique et minéralogique; et dans les excursions qu'ils firent à cet effet l'été dernier, leur attention se fixa principalement sur le canton de Finbo.

Le Mémoire dont nous donnons un extrait rend compte du résultat de ces recherches. Il contient une description géognostique de Finbo et de Korarfvet, l'analyse de l'albite et de plusieurs nouveaux fossiles découverts dans les exploitations entreprises par ces savans chimistes, savoir : l'*ortithe* de Finbo et de Gottliebsgong, le *pyrorthite* de Korarfvet, le *fluate neutre de cérium* de Broddbo, le *sous-fluate* et le *fluate neutre de cérium*, ainsi que le *double fluate de cérium et d'yttria* de Finbo, enfin, l'*yttrocérite* de Broddbo et la zircone de Finbo.

C'est en analysant le deuto-fluate neutre de cérium et le double fluate de cérium et d'yttria de Finbo, que M. Berzelius a retrouvé dans ces minéraux une nouvelle terre semblable à celle qu'il avait extraite, l'année précédente, de la gadolinite de Korarfvet, mais en trop petite quantité pour pouvoir en assigner alors les propriétés avec l'exactitude requise. Nous allons extraire de son Mémoire tout ce qui est relatif à cette nouvelle substance.

*Minéraux où se trouve la nouvelle terre.*

Le *deuto-fluate neutre de cérium* de Finbo est d'un rouge plus foncé que celui de Bróddbo. On le trouve tantôt cristallisé en prismes hexaèdres, dont la longueur excède la largeur, tantôt en lames plus ou moins minces et tantôt en masses irrégulières amorphes. L'albite, le quartz ou le mica lui servent de matrice, et il y est ac-

compagné d'émeraude ou d'yttrotantale. Cette substance est néanmoins si rare que tous les échantillons que nous en avons trouvés pourraient à peine suffire à une analyse. Je me suis donc borné à vérifier, par des expériences faites en petit, qu'elle est composée de fluate neutre de cérium; et j'ai trouvé, au moyen du chalumeau, que sa couleur plus intense provient d'un plus grand mélange de manganèse.

La variété la plus rare est celle qui est amorphe, ne présentant aucune trace de cristallisation. Quelques expériences faites sur cette espèce méritent d'être rapportées, quoiqu'elles ne puissent être considérées comme une analyse exacte.

*a*) 48 parties de cette substance réduite en poudre impalpable et calcinée au rouge, furent soumises à l'action de l'acide sulfurique concentré, qui, en dégageant du gaz fluorique, convertit la masse en un corps à demi-liquide, d'un beau jaune foncé. Après deux heures de digestion, elle fut mise en contact avec un peu d'eau, qui y causa un léger trouble. La liqueur jaune fut décantée et mêlée d'eau chaude, ce qui la fit troubler davantage. Ce précipité fut recueilli sur le même filtre que la portion non dissoute, et pesait, après avoir été lavé et calciné, 9,6 parties.

*b*) La liqueur fut mêlée avec une dissolution de sulfate de potasse, jusqu'à ce que tout le cérium en eut été précipité, et l'on en obtint, avec les précautions déjà décrites, 26,3 d'oxide de cérium.

*c*) La dissolution fut ensuite traitée par l'ammoniaque. Le précipité qui en résulta ayant été calciné, pesait 1,525, et se trouva à la suite d'un examen qu'il me paraît su-

perflu de décrire séparément, composé d'un mélange d'yttria, d'alumine, d'oxide de maganèse et de silice.

*d*) Les 9,6 parties qui n'avaient pas été dissoutes par l'acide sulfurique furent digérées à la chaleur de l'eau bouillante avec de l'acide muriatique, qui en opéra la dissolution, à la réserve de 2,5 qui se trouvèrent être de la silice mêlée d'une trace de proto-fluate de cérium.

*e*) La dissolution muriatique fut mêlée avec de l'ammoniaque caustique. Le précipité jeté sur un filtre fut bien lavé et dissous, encore humide, dans l'acide nitrique; après quoi cette dissolution fut soumise, dans un lieu chaud, à une évaporation lente. Elle produisit une masse gommeuse, déliquescente à l'air, qui, dissoute dans une plus grande quantité d'eau et bouillie, donna un précipité blanc, gélatineux, qui fut recueilli sur un filtre. Il pesait trois parties. L'ammoniaque caustique, mêlée à la dissolution restante, précipita de l'oxide de cérium, qui contenait encore une portion de la terre précipitée par l'ébullition. Je décrirai plus bas les expériences faites sur cette terre.

L'analyse avait donc assigné l'oxide de cérium comme substance principale, et donné au total une quantité de 37,4 de corps solides. La perte de 10,6 excède de beaucoup la quantité d'acide fluorique qui a dû probablement saturer les bases, ce qui provient sans doute de ce que l'acide fluorique aura entraîné, en se dégageant, une portion de silice, qui, selon toute apparence, n'est mêlée ici que mécaniquement, ainsi que dans les minéraux dont je ferai mention plus bas.

*Fluates de cérium et d'yttria.* — On trouve à Finbo un fossile terreux qui est beaucoup plus commun que

les fluates neutres et sous-fluates de cérium, mais dont la grosseur n'excède guère celle d'un pois. Sa couleur la plus ordinaire est le rouge pâle, analogue à celle qui résulte d'un mélange de carmin et de blanc de plomb; mais il est quelquefois blanc et tantôt rouge foncé ou tirant sur le jaune. Il est si mou qu'il est rayé par l'ongle, et qu'on peut aisément le détacher de sa matrice avec le doigt. Il laisse alors une cavité raboteuse et irrégulière.

Ce fossile se présente aussi en masses amorphes, irrégulières, d'un rouge brun, tantôt isolées, tantôt entourant des gadolinites ou mêlées avec elles, de manière à ce qu'elles paraissent en faire partie. Elles n'offrent aucune trace de figure régulière, ni de texture cristalline.

J'ai fait plusieurs analyses de cette pierre, qui ont toutes donné des résultats différens, ce qui prouve que les quantités relatives de ses parties constituantes sont très-variables.

En analysant un échantillon de ce fossile, qui ne différait nullement à l'extérieur des autres espèces compactes, je trouvai une nouvelle quantité de la même terre dont j'ai fait mention en décrivant l'analyse du deutofluate de cérium neutre amorphe.

Je vais rapporter brièvement cette expérience. 22 parties de ce fossile pulvérisé furent traitées par l'acide sulfurique qui les décomposa, à l'exception de 3,5 p. La dissolution fut mêlée avec du sulfate de potasse pour séparer l'oxide de cérium : il pesait 2 parties. J'y ajoutai de l'ammoniaque caustique. Le précipité calciné au rouge pesait 15,5. J'y versai de l'acide muriatique, qui en dissolvit aisément une partie; l'autre ne put être dissoute

qu'à l'aide d'une longue digestion. La liqueur fut évaporée à une chaleur douce jusqu'à siccité, pour en chasser l'excès d'acide, après quoi j'y versai de l'eau, qui s'empara du muriate d'yttria. Le résidu fut dissous par l'acide muriatique. La liqueur fut saturée d'ammoniaque caustique aussi exactement que possible; j'y ajoutai ensuite de l'eau et la fis bouillir; l'ébullition en précipita une matière blanche gélatineuse qui fut recueillie sur un filtre. La liqueur qui passa fut de nouveau saturée par l'ammoniaque caustique et chauffée jusqu'à l'ébullition, ce qui fit précipiter une nouvelle portion de la même terre. Elle pesait, lavée et légèrement chauffée, 7 parties. Dans les 8,5 d'yttria restantes sur les 15,5, je découvris, par le moyen de la potasse caustique, une petite portion d'alumine, dont je négligeai de déterminer le poids.

### *Examen particulier de la nouvelle terre.*

Comme j'examinais, dans l'été de 1815, la composition de la gadolinite de Korarfvet, j'obtins, dans une de mes analyses, une substance particulière, qui entrait pour environ 30 pour 100 dans la composition de ce fossile, qui se distinguait des autres terres par ses propriétés, et qui était absolument semblable à celle qui venait d'être trouvée à Finbo. Elle fut extraite de la gadolinite de la manière suivante : Le fossile ayant été dissous dans l'acide nitro-muriatique, la dissolution filtrée fut saturée par l'ammoniaque caustique et précipitée par du succinate d'ammoniaque, qui se trouva avoir un léger excès d'acide. La liqueur ayant été filtrée, j'y versai du sulfate de potasse, qui y produisit un précipité. Avant de séparer l'yttria, je voulus essayer d'empêcher que l'oxide de

manganèse ne se déposât avec elle; c'est pourquoi je versai dans la liqueur, à travers un filtre, une dissolution bouillante de muriate d'ammoniaque, pour former un double sel de muriate d'ammoniaque et de proto-muriate de manganèse, qui préservât le dernier oxide d'être précipité par l'ammoniaque. Il en résulta un précipité blanc, volumineux. Je continuai d'en verser jusqu'à ce que la liqueur ne se troublât plus. Le précipité fut jeté sur un filtre, lavé et séché. Voyant alors que c'était une substance différente de celle que je devais m'attendre à trouver dans la gadolinite, j'en voulus préparer une plus grande quantité. Mais bien que je cherchasse avec le plus grand soin à découvrir toutes les différences extérieures qui se trouvaient dans les échantillons de gadolinites de Korarfvet, et que j'en examinasse chaque espèce séparément, je ne pus plus obtenir la moindre trace de cette substance, quoique j'eusse trouvé des méthodes assez sûres pour la séparer de l'yttria et de l'oxide de cérium, même lorsqu'elle était en petite quantité, et je me réservai de faire à l'avenir de nouvelles recherches sur cet objet, sans vouloir même faire mention dans l'analyse publiée de cette espèce de gadolinite, d'un corps dont l'existence était problématique. L'ayant ensuite retrouvé à Finbo, je cherchai à connaître plus exactement ses propriétés; mais comme là aussi il arrive que le même minéral ne le contient pas toujours, ou que ceux qui le contiennent sont absolument semblables à ceux où il ne se trouve point, je ne pourrais être sûr, au moins pour le présent, de m'en procurer une nouvelle portion qu'en détruisant une grande partie des échantillons de ce fossile, qui est d'ailleurs fort rare. C'est pourquoi, dans

l'incertitude si je pourrais continuer son examen, j'ai cru devoir décrire cette substance telle que je l'ai trouvée, afin que si, ce qui est probable, l'on en découvrait dans la suite une plus grande quantité, ces données facilitassent les moyens de l'extraire et de l'examiner. Je dois dire, en attendant, pour faire excuser l'imperfection de cette notice, que je n'ai pas eu tout-à-fait un demi-gramme de cette terre pour faire mes expériences.

Pour l'obtenir de ces minéraux, qui contiennent du protoxide de cérium et de l'yttria, il faut d'abord séparer l'oxide de fer par le succinate d'ammoniaque. La nouvelle terre, lorsqu'elle est seule, peut bien être précipitée par les succinates; mais dans les expériences analytiques où je l'ai obtenue, il s'en est précipité une si petite quantité avec le fer, que je n'ai pas pu la séparer de ce métal. Ensuite le deutoxide de cérium est précipité par le sulfate de potasse; après quoi l'yttria et la nouvelle terre sont précipitées ensemble par l'ammoniaque caustique. On les fait dissoudre dans l'acide muriatique; la dissolution est évaporée jusqu'à siccité, et l'on y verse de l'eau bouillante, qui extrait la plus grande partie de l'yttria. La portion non dissoute contient encore de l'yttria. On la fait dissoudre dans l'acide muriatique ou nitrique, et évaporer aussi exactement que possible, jusqu'à neutralité; ensuite l'on y verse de l'eau, que l'on fait bouillir un instant. La terre étrangère est précipitée et la liqueur contient de l'acide libre. En la saturant aussi près que possible de la neutralité, et en faisant bouillir encore la solution, l'on obtient un nouveau précipité de cette terre.

Prise sur le filtre, elle présente alors une masse gélatineuse, à demi-transparente. Lavée et séchée, elle de-

vient blanche, absorbe de l'acide carbonique et se redissout dans les acides avec effervescence. Chauffée au rouge, elle conserve sa couleur blanche, et lorsqu'elle n'a été soumise qu'à une chaleur modérée, elle se dissout très-aisément dans l'acide muriatique ; mais plus fortement calcinée, elle ne peut être dissoute qu'à l'aide de la chaleur de l'eau bouillante dans l'acide muriatique concentré. Cette dissolution est jaunâtre; mais étendue d'eau, elle perd sa couleur, comme il arrive d'ordinaire à la glucine, à l'yttria et à l'alumine. Si la terre est mêlée d'yttria, elle se dissout plus aisément, après avoir passé au feu. Les dissolutions neutres de cette terre ont une saveur purement astringente, qui n'est ni sucrée, ni saline, ni amère, ni métallique, en quoi elle diffère de toutes les autres espèces de terre, hors la zircone.

Dissoute dans l'*acide sulfurique* avec un petit excès d'acide, et soumise à l'évaporation, elle forme aisément des cristaux transparens, qui ne s'altèrent pas à l'air, et dont la saveur est fortement astringente. L'eau mère acide qui reste après la formation de ces cristaux ne retient que fort peu de terre. Les cristaux, exposés à l'action de l'eau, en sont lentement décomposés ; la dissolution se trouble ; il se précipite un sulfate avec excès de base, et la liqueur contient un sulfate avec excès d'acide. Cette dissolution bouillie ne donne aucun précipité. Si la dissolution du sel cristallisé se fait en plein repos, la partie non dissoute, avec excès de base, conserve la forme des cristaux, mais le moindre mouvement la réduit en poudre. La dissolution acide de ce sulfate, mêlée de sulfate de potasse jusqu'à saturation, ne donne aucun précipité. Il ne s'en forme pas même lorsqu'on verse du

sulfate de potasse dans du muriate de cette terre. Si la liqueur est chauffée à l'ébullition, il se précipite une portion de la terre à l'état de sous-sulfate, et il en reste une partie dans la liqueur, qui peut être précipitée par l'ammoniaque caustique.

Cette terre se dissout très-aisément dans l'*acide nitrique*; mais après avoir été calcinée au rouge, elle ne peut être dissoute qu'à l'aide de l'ébullition. La dissolution ne cristallise pas; elle produit une masse gommeuse, qui, laissée à l'air, devient plus liquide, et qui, évaporée à la chaleur du bain de sable, donne pour résidu une masse blanche, opaque, semblable à l'émail, presque insoluble dans l'eau. La dissolution de nitrate de la nouvelle terre dans l'eau est un sel neutre qui se trouble par l'ébullition, laquelle précipite la majeure partie de cette terre. Les dissolutions même qui ont un petit excès d'acide la laissent déposer si elles sont étendues d'eau et chauffées à l'ébullition. Une légère calcination de ce nitrate laisse à la terre sa couleur blanche, de sorte qu'on n'y découvre aucun indice d'un plus haut degré d'oxidation.

La nouvelle terre se dissout dans l'*acide muriatique* de la même manière que dans l'acide nitrique. La dissolution ne cristallise pas. Évaporée à une chaleur modérée, elle est convertie en une masse sirupeuse qui, exposée à l'air, n'est pas déliquescente, mais qui, au contraire, se dessèche, devient blanche, semblable à l'émail, et ne se dissout ensuite dans l'eau qu'en très-petite quantité, laissant un sel avec excès de base, de sorte qu'elle abandonne, par une évaporation spontanée, la portion d'acide muriatique qui la rendait soluble dans l'eau. Une

dissolution pas trop acide de ce muriate, étendue d'eau et bouillie, dépose la plus grande partie de la terre, sous forme d'une masse gélatineuse, légère, et demi-transparente. Une dissolution de cette terre dans l'acide muriatique ou nitrique, évaporée à une forte chaleur, laisse sur les parois du vase une couche blanche et opaque, semblable à l'émail, qui paraît surtout aisément lorsqu'on fait passer de la solution sur les parois du verre. C'est là un signe très-caractéristique de cette terre, et je ne sache pas qu'il soit commun à d'autres substances, si ce n'est aux dissolutions de phosphate de fer dans l'acide nitrique, qui encore ne présentent pas ce phénomène dans un degré aussi éminent, et j'ai pu assez bien connaître d'avance, à cette couche émaillée, si le minéral que j'analysais contenait ou non la nouvelle terre. Ce signe est cependant moins visible lorsqu'elle se trouve mêlée avec une grande quantité d'yttria et de protoxide de cérium.

Cette terre se combine avidement avec l'*acide carbonique*. Les précipités produits par l'ammoniaque caustique ou par l'ébullition de la solution neutre, absorbent, en se desséchant, l'acide carbonique de l'air. Les carbonates alcalins précipitent la terre avec la totalité de leur acide carbonique.

L'*oxalate d'ammoniaque* donne un précipité blanc, volumineux, insoluble dans l'eau, ainsi que dans les alcalis caustiques.

Le *tartrate d'ammoniaque* y produit un précipité blanc qui se redissout, et ne devient permanent que lorsqu'on y a ajouté une suffisante quantité de ce sel. Ce précipité se dissout dans l'ammoniaque caustique. L'ébullition en chasse l'ammoniaque, mais la terre ne se précipite que

lorsque la liqueur a été concentrée jusqu'à un certain degré par l'évaporation. Elle se dépose alors sous forme d'une masse gélatineuse, presque transparente.

Le *citrate d'ammoniaque* ne donne aucun précipité, pas même lorsqu'on y ajoute de l'ammoniaque caustique; mais si la liqueur est ensuite chauffée à l'ébullition, la terre se précipite à mesure que l'ammoniaque s'évapore. Ce précipité est analogue à ceux qui sont produits par l'ébullition dans les autres solutions neutres de cette terre.

Le *benzoate d'ammoniaque* y produit un précipité blanc volumineux.

Le *succinate d'ammoniaque* y cause un précipité qui se redissout tout de suite. Si l'on en ajoute une assez grande quantité pour que le précipité ne se dissolve plus, et qu'on essaie de le dissoudre en y versant de l'eau, il se décompose; une grande partie reste sans se dissoudre sous forme d'un sel avec excès de base, tandis que la liqueur contient la majeure partie de l'acide avec une petite portion de la terre.

Le *prussiate de potasse ferrugineux*, versé dans sa dissolution, la précipite en blanc. Ce précipité se dissout complètement dans l'acide muriatique.

Lorsque la terre est nouvellement précipitée, la potasse et l'ammoniaque caustique n'ont pas d'action sur elle, même à la chaleur de l'eau bouillante.

Les dissolutions de carbonate de potasse ou d'ammoniaque en dissolvent une petite quantité, qui se précipite de nouveau lorsque le liquide est saturé d'acide, et ensuite neutralisé par l'ammoniaque caustique. Cette terre est bien moins soluble dans les carbonates alcalins,

qu'aucune des terres précédemment connues, qui y sont solubles.

Une portion de cette terre fut exposée, dans un creuset de charbon, au degré de chaleur employé pour la réduction du tantale, et le feu fut soutenu pendant une heure. Lorsqu'elle en fut retirée, il ne parut pas qu'elle eût subi d'autre altération que de s'être contractée et d'avoir acquis un peu de transparence, ayant été peut-être près d'entrer en fusion. Il n'y eut aucun indice de réduction, et la terre fut dissoute par l'ébullition dans l'acide muriatique. Comme il est aujourd'hui généralement reconnu que les bases salifiables sont des oxides métalliques, il peut être indifférent que l'on dise terre ou oxide de métal; mais les substances étant divisées en alcalis, terres et oxides métalliques, il paraît que la méthode la plus juste est d'attacher chaque nouvel anneau de la chaîne des oxides à ceux avec lesquels il a le plus d'analogie; et comme les terres se distinguent particulièrement par la propriété qu'elles ont d'être incolores et de ne pouvoir être réduites par le charbon sans le secours d'un métal étranger, je considère la substance qui vient d'être décrite comme appartenant particulièrement à la classe des terres.

Quoique les expériences dont je viens de rendre compte ne puissent certainement être considérées que comme des essais préliminaires servant à faciliter un examen plus complet de cette terre, lorsqu'on en aura trouvé une plus grande quantité, il m'a paru cependant qu'il lui fallait un nom pour qu'on la pût désigner aisément. Une partie de ces expériences ayant été faites à Fahlun, dans le laboratoire de M. Gahn, nous avions coutume de l'ap-

peler entre nous *thorine*, du nom de *Thor*, ancienne divinité scandinave, et il me semble qu'on pourrait lui conserver provisoirement ce nom.

La thorine ne se fond pas à la flamme du chalumeau; elle entre en fusion avec le bórax, et forme un verre transparent, qui, exposé de nouveau à la flamme extérieure, devient opaque et laiteux. Elle est dissoute par le phosphate de soude et d'ammoniaque, avec lequel elle forme une perle transparente. Elle est insoluble avec la soude. Imbibée d'une solution de cobalt, elle acquiert une couleur d'un gris brun.

Elle diffère des autres terres par les propriétés suivantes :

De l'*alumine*, par son insolubilité dans la potasse caustique; de la *glucine*, par la même propriété; de l'*yttria*, par sa saveur purement astringente et point sucrée, ainsi que par la propriété que possèdent ses dissolutions d'être précipitées par l'ébullition lorsqu'elles n'ont pas un trop grand excès d'acide. Elle diffère de la *zircone* en ceci : 1° elle est susceptible de se dissoudre dans les acides, après avoir été calcinée au rouge; 2° le sulfate de potasse ne peut pas la précipiter de ses dissolutions, au lieu qu'il précipite la zircone, même de ses dissolutions très-acides; 3° elle est précipitée par l'oxalate d'ammoniaque, ce qui n'arrive pas à la zircone; 4° le sulfate de thorine cristallise aisément, tandis que celui de zircone, si elle est libre d'alcalis, forme, en se desséchant, une masse gommeuse et transparente, où l'on n'observe aucun signe de cristallisation.

Comme la thorine a plus d'analogie avec la zircone qu'avec aucun autre corps, et que ces deux terres se trou-

vent à Finbo, il ne sera pas inutile de faire ici un parallèle entre plusieurs de leurs propriétés.

| *Thorine.* | *Zirçone.* |
| --- | --- |
| La saveur de solutions neutres est purement astringente. | Tout-à-fait semblable. |
| Cristallise aisément avec l'acide sulfurique. Les cristaux sont décomposés par l'eau. | Ne cristallise pas, devient gommeuse, et long-temps exposée à une chaleur modérée, elle devient blanche, opaque, saline; elle est déliquescente à l'air, mais se trouble lorsqu'on y verse de l'eau, si la dissolution n'est pas très-acide. Le sel desséché peut supporter une chaleur modérée sans se décomposer, hors une très-petite partie. |
| La dissolution muriatique donne un précipité à l'ébullition. Ce précipité est volumineux, translucide, gélatineux. Le muriate de thorine est incristallisable. | La dissolution muriatique est précipitée par l'ébullition. Ce précipité consiste en une poudre pesante, blanche, opaque. Le muriate de zircone cristallise à l'évaporation. |
| La dissolution nitrique laisse précipiter, à l'ébullition, une terre gélatineuse. | Tout-à-fait semblable. |
| Les succinates, benzoates et tartrates alcalins produisent des précipités dans les | Tout-à-fait semblable. |

| *Thorine.* | *Zircone.* |
| --- | --- |
| dissolutions de thorine. Le précipité produit par les tartrates alcalins est dissous par l'hydrate de potasse. | |
| Les citrates ne produisent aucun précipité; mais la liqueur en donne à l'ébullition. | Les citrates alcalins ne donnent aucun précipité. La liqueur ne se trouble pas à l'ébullition. |
| L'oxalate d'ammoniaque précipite la thorine de sa dissolution dans l'acide sulfurique. | L'oxalate d'ammoniaque ne cause aucun précipité ni trouble dans une dissolution de sulfate de zircone. |
| Le sulfate ou muriate de thorine, dissous dans l'eau et mêlé de sulfate de potasse jusqu'à la saturation de la liqueur, ne donne aucun précipité. | Un sel de zircone, dissous dans l'eau et mêlé de sulfate de potasse jusqu'à la saturation de la liqueur, est entièrement précipité. Si cela a lieu à froid, le précipité est soluble dans l'eau pure. |
| La thorine est insoluble dans l'hydrate de potasse. | De même. |
| Est dissoute par les carbonates alcalins. | De même, mais en bien plus grande quantité. |
| Devient, par la calcination, difficile à dissoudre. | Calcinée au feu rouge, elle devient insoluble. |

Ces deux terres présentent les mêmes phénomènes dans les expériences faites avec le chalumeau (1).

---

(1) J'ai lu quelque part que la zircone donnait une couleur bleue avec la dissolution de cobalt, et j'espérais avoir par la

J'ai lieu de croire que la thorine, dans le minéral de Korarfvet que j'ai examiné, était à l'état de silicate, semblable à la gadolinite; mais que celle trouvée à Finbo était combinée à l'acide fluorique.

---

## Analyse de l'Opium.

### De la Morphine et de l'Acide méconique, considérés comme parties essentielles de l'opium.

Par M. Sertuerner,

Pharmacien à Eimbeck, dans le royaume d'Hanovre.

Traduit de *Gilbert's Annalen der Physik, neue folge*, vol. XXV, p. 56; par M. Rose, pharmacien à Berlin.

Il y a à-peu-près quatorze ans que M. Derosne, pharmacien de Paris, examina l'opium, et qu'il publia les résultats de ses travaux dans les *Annales de Chimie*, vol. XLV, année 1803. Presque dans le même temps je m'occupais aussi de cette analyse; mais nos résultats étaient si différens et si contradictoires, que cet objet demeura incertain. On a fait peu d'attention à mon Mé-

---

un moyen facile de distinguer ces deux terres; mais cela n'arrive que lorsque la zircone contient de l'alcali. Telle qu'on l'obtient du sulfate pur de zircone, moyennant l'expulsion de l'acide par un feu ardent, cette terre n'entre pas en fusion et ne devient pas bleue avec le cobalt, mais bien d'un gris brun.

moire ; il était écrit à la hâte ; les quantités sur lesquelles j'avais travaillé étaient petites, et quelques personnes avaient répété mes expériences avec peu de succès. Assuré de l'exactitude de mes travaux en général, quoique je les eusse entrepris dans un âge peu avancé, et pour lever ces contradictions, je me suis occupé d'une seconde analyse de cette singulière substance végétale, et j'ai eu le plaisir de voir confirmer mes observations antérieures et d'en faire de nouvelles. On verra par la suite que le procédé et les observations de M. Derosne, dans l'analyse de l'opium, n'étaient pas exacts, et qu'il n'en a pas connu la partie essentiellement efficace ; car il a pris pour cette substance, que j'appelle *morphine* (*morphium*), ce qui n'en était qu'une combinaison avec l'*acide de l'opium*. Je vais exposer mes observations, dont j'ose me flatter que les chimistes et les médecins tireront quelque profit. Elles répandront de la lumière sur les caractères principaux de ces deux corps et sur les parties constituantes de l'opium, et je crois avoir enrichi la chimie de la connaissance d'un nouvel *acide végétal* (*l'acide méconique*), et de la découverte d'une nouvelle *base alcaline*, la *morphine*, substance très-singulière, qui semble se rapprocher de l'ammoniaque, et qui répandra quelque jour sur les autres bases salifiables. Quoique mes observations antérieures sur l'opium et ses parties constituantes se trouvent confirmées, il y a aussi quelques faits que j'ai trouvés différens de ceux que j'avais énoncés alors ; mais on le pardonnera à ma jeunesse et aux petites quantités sur lesquelles j'ai travaillé.

## I. *De la Morphine.*

1. Huit onces d'opium desséché ont été digérées à chaud à plusieurs reprises avec de l'eau distillée, jusqu'à ce qu'elle ne fût plus colorée. Après avoir évaporé les teintures, on obtint un extrait translucide, qui se troublait fortement en le délayant dans l'eau ; mais à l'aide de la chaleur ou en ajoutant une plus grande quantité d'eau, on rétablissait la transparence de la liqueur.

On satura la dissolution aqueuse de l'extrait par un excès d'ammoniaque, et il se précipita une substance d'un blanc grisâtre, qui se formait en cristaux grenus et translucides. Ces cristaux étant lavés par l'eau à plusieurs reprises sont la *morphine*, la partie efficace de l'opium, combinée avec un peu d'extractif et d'*acide méconique*, comme on le verra par la suite de ce Mémoire.

2. Cette substance pesa 16 gros après le dessèchement. On la satura par l'acide sulfurique étendu d'eau en léger excès; on la précipita de nouveau par l'ammoniaque, et on la traita plusieurs fois par cet alcali pour en séparer l'extractif. Mais comme on ne pouvait pas y parvenir, on traita le précipité réduit en poudre impalpable à plusieurs reprises par un peu d'alcool, qui s'en colorait fortement. J'obtins de cette manière à-peu-près 8 gros de morphine presque incolore.

3. On sépara par la cristallisation la petite quantité de morphine qui était dissoute par l'alcool. La substance extractive qui était avec la morphine dans l'alcool comme dans les liqueurs ammoniacales, n'était pas l'extractif pur, mais une combinaison de l'extractif avec la morphine, dont celle-ci était la base. Elle était bien soluble dans les

acides et dans l'alcool, mais difficilement dans l'eau, et elle colorait en vert les sels de fer par son extractif, et en séparait une partie de l'oxide par sa morphine. Comme la morphine pure est précipitée de ses dissolutions dans les acides en forme d'une poudre nacrée, et qu'elle cristallise en parallélipipèdes à faces obliques, je présumai que c'était l'extractif qui, combiné avec la morphine, en changeait la forme en une cristallisation grenue presque cubique. Cette présomption fut confirmée en traitant cette substance par l'ammoniaque : celle-ci dissolvit une partie de l'extractif, qui a la nature d'un acide, et retint toujours de la morphine; mais elle ne put s'en séparer entièrement. L'alcool finit la séparation et dissolvit l'extractif qui restait avec la morphine. Il y a une assez grande différence entre la substance extractive qui est séparée par l'ammoniaque et celle qui est séparée par l'alcool. La première se dissout dans l'eau avec facilité, parce qu'elle contient moins de morphine que la substance *brune* obtenue par l'alcool : dans l'une c'est l'extractif qui prédomine; dans l'autre c'est la morphine; c'est pour cela que l'on peut donner à la première, par une dissolution de la morphine dans l'alcool, l'aspect du corps résineux où la morphine prédomine et fait les fonctions d'une base. L'extrait aqueux d'opium concentré donne toujours par l'ammoniaque ces deux combinaisons.

4. Pour avoir la morphine dans toute sa pureté, je la fis dissoudre de nouveau plusieurs fois dans l'alcool, et je l'obtins, par la voie de cristallisation, tout-à-fait incolore et en parallélipipèdes réguliers à faces obliques. La substance qu'on obtient en traitant l'opium par l'alcool, d'après Derosne, cristallise en prismes à angles de 30

à 40 degrés, et rougit fortement les dissolutions de fer.

5. La morphine pure a les propriétés suivantes : elle est incolore, soluble dans l'eau bouillante en faible proportion, très-soluble dans l'alcool et dans l'éther, principalement à l'aide de la chaleur; ces dissolutions sont d'une saveur très-amère, et la morphine y cristallise dans la forme ci-dessus mentionnée. Les dissolutions aqueuses et alcooliques brunissent le papier de rhubarbe plus fortement que le papier de curcuma, et rétablissent la couleur bleue du papier de tournesol rougi par les acides. Ce n'est pas l'ammoniaque qui produit cet effet, car la morphine pure n'en contient pas, comme on le verra par la suite en traitant cette substance par la potasse caustique (1). Elle se dissout facilement dans les acides, et forme des sels neutres fort remarquables dont voici quelques-uns :

Le *sous-carbonate de morphine* se forme en faisant agir l'acide carbonique sur la morphine, ou en décomposant la dissolution par le sous-carbonate de potasse.

Le *carbonate de morphine* cristallise en prismes courts.

L'*acétate de morphine* cristallise en petits rayons et est très-soluble.

Le *sulfate de morphine* très-soluble cristallise en ramifications.

Le *muriate de morphine* forme des plumes ou des

---

(1) La morphine et l'extractif acide ayant la propriété singulière de former avec les alcalis et les acides des combinaisons quadruples, les précipités obtenus par Derosne contenaient ou de l'ammoniaque ou de la potasse.

rayons, se dissout plus difficilement que les autres sels à base de morphine, et se prend, par le refroidissement, en une masse brillante, d'un blanc d'argent, si l'on a poussé l'évaporation trop loin.

Le *nitrate de morphine* se présente en rayons qui partent d'un centre commun.

Je n'ai pas formé le *méconate de morphine*, mais le *sous-méconate*. Ce sel cristallise en prismes, et je l'ai obtenu en traitant par l'alcool la solution aqueuse d'opium : il faut beaucoup d'eau pour le dissoudre et pour le séparer entièrement de l'opium.

Le *tartrate de morphine* cristallise en prismes assez semblables à ceux du sel précédent.

Ces différens sels formés par la morphine me paraissent être très-nuisibles; car, après les avoir goûtés, je ressentais toujours un mal de tête. Ils sont assez solubles dans l'eau, presque tous d'un éclat micacé, et s'effleurissent promptement à l'air.

Dans l'ordre des bases salifiables, la morphine prendrait place après l'ammoniaque, parce qu'elle est dégagée de toutes ses combinaisons par cet alcali. Elle occuperait la dernière place parmi les alcalis, dont elle se distingue, en ce qu'elle est moins puissante, et qu'elle n'a pas la propriété de saponifier les huiles oxidées. Elle a moins d'affinité pour les acides que l'ammoniaque et même que la magnésie; mais elle décompose la plupart des sels métalliques, comme le sulfate, le muriate et l'acétate de fer, plusieurs sels à base de mercure, de plomb et de cuivre. L'acétate de cuivre perd sa couleur verte par la morphine, et forme sans doute avec elle une combinaison triple comme avec l'ammoniaque. Elle se

combine avec l'acide carbonique de l'atmosphère et avec l'extractif, comme les autres bases salifiables.

La morphine se fond aisément à l'aide de la chaleur, et ressemble alors au soufre fondu; elle se prend en cristaux par le refroidissement. Elle brûle vivement, et on obtient, en la chauffant dans des appareils fermés, une substance noirâtre et résineuse, d'une odeur particulière. Elle se combine avec le soufre à l'aide de la chaleur; mais elle se détruit au même moment, et il se forme de l'acide hydrosulfurique. Je n'ai pas eu le temps de déterminer exactement les élémens de la morphine; mais il n'y a pas de doute que ce ne soit l'oxigène, le carbone et l'hydrogène, peut-être aussi l'azote (1). La pile galvanique produit peu d'effet sur la morphine, même en se servant d'un globule de mercure; cependant le globule semblait s'agrandir et changer de consistance.

## II. *Des Effets de la Morphine sur le corps humain.*

6. La propriété la plus remarquable de la morphine est l'effet qu'elle produit sur l'économie animale. Pour le déterminer avec exactitude, je me suis prêté moi-même à ces expériences avec quelques autres personnes, parce

(1) J'ai prié M. Lange, jeune homme bien instruit en chimie, d'examiner les combinaisons de ce corps remarquable avec les acides, et j'espère qu'il aura des résultats qui répandront quelques lumières sur les autres bases salifiables, parce que la morphine contient du carbone qu'on ne trouve pas dans les autres bases. M. Lange décrira aussi quelques méconates.

que les expériences sur les animaux ne donnent pas des résultats exacts.

Je dois fixer l'attention d'une manière particulière sur les effets terribles de ce nouveau corps pour prévenir des malheurs ; car on a osé prétendre publiquement qu'on avait donné cette substance en quantités considérables à plusieurs personnes sans remarquer aucun effet. Si c'était bien de la morphine qu'on eût donné dans ces cas, il s'ensuivrait que cette substance n'est pas dissoute par le suc gastrique. Mes expériences antérieures, dont on n'a pas eu connaissance, comme il le semble, m'avaient porté à demander expressément qu'on ne donnât cette substance que dissoute dans l'alcool ou dans un peu d'acide, parce qu'elle se dissout difficilement dans l'eau, et qu'elle n'est par conséquent attaquée qu'avec peine dans l'estomac sans l'intermède de ces liquides.

Pour examiner sévèrement mes propres expériences, j'engageai trois personnes, dont chacune n'avait que dix-sept ans, de prendre avec moi de la morphine. Mais, averti par les effets que j'avais vus antérieurement, je n'en donnai à chacune qu'un demi-grain, dissous dans un demi-gros d'alcool étendu dans quelques onces d'eau distillée. Une rougeur générale, qu'on pouvait même apercevoir dans les yeux, couvrit leur figure, principalement les joues, et les forces vitales semblaient exaltées. Lorsque nous prîmes, après une demi-heure, encore un demi-grain de morphine, cet état augmenta considérablement, et nous sentîmes une envie passagère de vomir et un étourdissement dans la tête. Sans en attendre l'effet, nous avalâmes encore, après un quart-d'heure, un demi-grain de morphine en poudre grossière avec quelques gouttes d'al-

cool et une demi-once d'eau. L'effet en fut subit chez les trois jeunes-gens; ils sentirent une vive douleur dans l'estomac, un affaiblissement, et un engourdissement général, et ils étaient prêts à s'évanouir. J'éprouvai moi-même des effets semblables; en me couchant je tombai dans un état rêveur, et je sentis une espèce de palpitation dans les extrémités, principalement dans les bras.

Ces symptômes évidens d'un empoisonnement véritable, et surtout l'état d'évanouissement des trois jeunes-gens, m'inspirèrent une telle inquiétude, que j'avalai sans y penser 6 à 8 onces d'un vinaigre très-fort, et que j'en fis prendre autant aux autres. Il succéda un vomissement si violent, que l'un de nous, qui était d'une constitution délicate et dont l'estomac était tout-à-fait vide, se trouva dans un état très-douloureux. Il me parut que le vinaigre communiqua à la morphine cette violente propriété vomitive. Dès-lors je donnai au jeune homme du carbonate de magnésie, qui ne tarda pas à faire cesser le vomissement. Il passa la nuit dans un profond sommeil. Le lendemain le vomissement revint, mais il cessa bientôt après une forte dose de carbonate de magnésie. Le manque d'appétit, la constipation, l'engourdissement et les maux de tête et d'estomac ne se perdirent qu'après quelques jours.

A en juger d'après cette expérience assez désagréable, la morphine est un poison violent, même à petites doses. Ses combinaisons avec les acides ont peut-être encore plus d'effet. Je crois que le demi-grain pris le dernier eut une action plus vive, parce qu'il arriva concentré dans l'estomac et y fut dissous.

Les autres parties constituantes de l'opium ne possé-

dant aucune des propriétés dont il vient d'être fait mention, il me semble que les principaux effets de l'opium dépendent de la morphine pure. C'est aux médecins à examiner cet objet. Jusqu'ici on n'avait employé que les combinaisons de la morphine avec l'acide méconique. Nous pouvons aussi attendre des effets efficaces des différens sels à base de morphine dans plusieurs maladies. Ma propre expérience m'a appris qu'un mal de dents très-violent, qui ne cédait pas à l'opium, se dissipait par une dissolution de morphine dans l'alcool, quoique ce liquide n'en contînt pas beaucoup. Le méconate de morphine, qui fait la partie efficace de l'opium, n'étant pas très-soluble dans l'eau, il ne faut employer pour les teintures d'opium que l'alcool pur; aussi on ne doit pas refroidir trop ces teintures, parce que, dans ce cas, il se précipite de la morphine combinée avec des parties résineuses, de l'extractif et de l'acide méconique, et que des remèdes sont plus faibles à un froid vif qu'à une température moyenne. Il serait à souhaiter que des médecins habiles s'occupassent bientôt de cet objet, parce que l'opium est un de nos remèdes les plus efficaces.

### III. *De l'Acide de l'opium ou de l'Acide méconique.*

7. Ayant démontré les propriétés de la morphine, nous allons examiner le liquide dont on l'avait précipitée par l'ammoniaque.

Après l'avoir évaporé jusqu'à la consistance d'un sirop, il s'en déposa un peu de morphine en cristaux irréguliers. L'ammoniaque y forma un précipité qui n'était presque que de la morphine, mais qui se redissolvait dans l'extractif si l'on en dégageait l'ammoniaque par

la chaleur. Cet extractif a le caractère de l'acidité; mais il ne peut retenir l'ammoniaque à une température élevée et se combine avec la morphine, combinaison que nous allons bientôt connaître. Après avoir séparé un peu de morphine par un excès d'ammoniaque, on filtra l'extrait d'opium, on le délaya dans l'eau distillée, on en dégagea l'ammoniaque par la chaleur, et on y ajouta une dissolution de muriate de baryte, jusqu'à ce qu'il n'y eût plus de précipité. Le précipité, lavé et desséché, pesait 6 gros. C'est une combinaison quadruple de baryte, de morphine, d'acide méconique et d'extractif difficilement soluble dans l'eau.

8. Je tâchai de séparer la morphine de l'extractif par l'alcool, et d'avoir l'acide méconique pur dans le liquide, en saturant la baryte par une quantité convenable d'acide sulfurique. J'obtins en effet l'acide méconique par l'évaporation; mais comme il était coloré, je le soumis à une sublimation. Il se fondit d'abord dans son eau de cristallisation et se sublima en longues et belles aiguilles. Il était sans couleur, d'une saveur acide, avait toutes les propriétés des acides forts, et s'en distinguait par sa grande affinité pour l'oxide de fer, qu'il précipitait de sa dissolution muriatique en beau *rouge de cerise*, lors même qu'il y avait un excès d'acide faible. Mais il n'indiquait pas le fer dans le prussiate ferrugineux de potasse, comme je l'avais prétendu d'abord, trompé sans doute par la couleur intense de l'acide que j'avais employé. Malheureusement l'appareil creva pendant la sublimation, et la petite quantité d'acide que j'avais obtenu en fut encore diminuée; de sorte que je ne pus pas examiner les sels qu'il fait avec les bases. Je ne l'ai combiné qu'avec la

chaux : alors il forme un sel acide. Le *méconate de chaux* cristallise en prismes ; il est peu soluble et n'est pas décomposé par l'acide sulfurique.

L'acide méconique n'agit pas sur le corps d'une manière sensible : j'en avais pris 5 grains sans en éprouver aucun effet. Il me semble qu'il adoucit les effets de l'opium et le rend plus dissoluble dans l'eau, comme le font tous les acides. Je crois que cette propriété des acides est due à ce qu'ils font avec la morphine un sel avec excès d'acide ; mais cependant nous voyons que les autres bases salifiables sont souvent plus nuisibles à la vie, en combinaison avec les acides, que lorsqu'elles agissent seules, et il se peut qu'il en soit de même des sels à base de morphine.

9. Le liquide dont j'avais séparé la morphine et l'acide méconique se colorait en rouge par le muriate de fer et par l'acide sulfurique. En l'évaporant en consistance de sirop, j'obtins 40 grains d'un sel peu soluble, dont je séparai par l'alcool un peu de morphine, qui avait été dissoute par l'eau et s'était précipitée pendant l'évaporation. En traitant ce sel par l'acide sulfurique, il se forma du sulfate de baryte et de l'acide méconique : c'était donc du *méconate de baryte.*

## IV. *Des autres Parties solubles dans l'eau.*

10. L'alcool ayant dissous si peu de morphine de la combinaison quadruple, je la croyais retenue par l'extractif. En effet, l'extrait dont j'avais séparé le méconate de baryte, après l'avoir étendu d'eau et évaporé en consistance de sirop, laissa précipiter environ 30 grains d'une masse grenue, que je reconnus pour une combi-

naison de l'extractif avec la morphine, et qui fut dissoute par l'alcool, excepté un peu de méconate de baryte qui y était combiné. Croyant avoir obtenu l'extractif pur, j'en donnai 10 grains, à diverses reprises, à un de mes élèves, qui les rendit bientôt par le vomissement. Un peu d'ammoniaque y fit un léger précipité qui disparut lorsqu'on eut dégagé l'ammoniaque par la chaleur. J'ai répété plusieurs fois cette expérience. Le précipité qui s'y formait par l'ammoniaque à froid avait les propriétés de la morphine, et se combinait avec l'extractif si l'on dégageait l'ammoniaque par la chaleur.

Ces résultats me déterminèrent à redissoudre l'extrait dans l'eau. Lorsqu'il se troubla comme à l'ordinaire, je recueillis un peu de précipité par la filtration; il se montra comme de la morphine avec beaucoup d'extractif; en effet, il était dissous par l'alcool, et il y avait des traces cristallines de morphine. Lorsque j'ajoutai l'ammoniaque en excès, le précipité fut très-fort, et presque toute la masse se prit en une substance ductile et résineuse, qui produisit, à une dose de 5 à 6 grains, les mêmes effets que l'extrait d'opium, mais moins forts. Cette substance était peu soluble dans l'eau froide; elle décomposait les sels métalliques comme la morphine; elle était soluble dans les acides en les saturant, et déposait par l'ammoniaque, qui en dissolvait beaucoup, une masse grisâtre qui était de la morphine avec un peu d'extractif. Je tâchai de précipiter l'extractif avec la morphine par le sous-acétate de plomb, et d'en séparer la morphine par l'alcool; mais je n'obtins qu'un peu de morphine colorée par l'extractif : le reste me parut avoir formé une combinaison triple. Lorsque j'eus décom-

posé le précipité par l'acide sulfurique, l'extrait montrait encore ses effets nuisibles, et, par l'addition de l'ammoniaque, des traces de la substance résineuse. Il me semble que la morphine a une grande affinité pour l'extractif, qui est peut-être très-oxidé, et qu'elle forme avec lui des combinaisons différentes, l'une contenant beaucoup de morphine qui a formé les cristaux dont j'ai parlé plus haut, l'autre contenant beaucoup d'extractif, laquelle est précipitée comme une résine par l'ammoniaque, de l'extrait d'opium séparé de son acide et de la morphine qui y était dissoute. Quoique l'extractif oxidé y fût combiné en excès avec la morphine, la combinaison en avait pourtant les propriétés principales : elle était peu soluble dans l'eau, très-soluble dans l'alcool et les acides; elle saturait ceux-ci, et se précipitait par l'ammoniaque, qui, se combinant avec l'excès de l'extractif, formait une substance soluble dans l'eau. Cependant l'extractif qui se combine avec l'ammoniaque contient encore de la morphine. J'avoue que j'aurais dû l'examiner encore davantage pour chercher à en séparer tout-à-fait la morphine par l'éther, l'essence de térébenthine ou par l'alcool absolu.

On forme artificiellement une combinaison de l'extractif avec la morphine en dissolvant la morphine dans l'alcool, et en la traitant par l'extractif d'une autre substance. Il appartient aux propriétés de la morphine et de l'extractif de se combiner ensemble, parce que l'une a le caractère d'une base et l'autre d'un acide.

### V. *Des Parties qui ne sont pas solubles dans l'eau.*

11. N'ayant pas fait digérer suffisamment l'opium dans l'eau, je présumai que le résidu de l'opium contenait encore de la morphine et de l'acide méconique. Je le traitai par une demi-once d'acide muriatique faible et une suffisante quantité d'eau. Après avoir filtré la liqueur, j'y ajoutai de l'ammoniaque; j'obtins environ, sans compter ce qui restait dans le liquide, 2 gros de morphine combinée avec beaucoup d'extractif et d'une substance pulvérulente. L'ammoniaque qu'on avait mis en excès fut dégagée par la chaleur. Le liquide, traité par une dissolution de muriate de baryte, donna par l'évaporation une petite quantité de méconate de baryte.

12. Le résidu, dont on avait séparé l'extractif, la morphine et l'acide méconique, à l'aide de l'eau et de l'acide muriatique, pesa 1 once 5 gros; il était presque pâteux. Je le traitai par l'alcool jusqu'à ce qu'il ne fût plus coloré. En ajoutant de l'eau et en distillant l'alcool, j'obtins une substance brune qui avait l'aspect d'un baume, nageait sur l'eau et était peu soluble dans l'alcool. Elle avait l'odeur de poisson desséché à la fumée et la saveur de la graisse; elle brûlait avec une flamme qui déposait beaucoup de suie, et ne produisit aucun effet ni sur moi ni sur d'autres personnes, même à la dose de 20 grains. Un petit chien en avala même quelques gros sans en éprouver d'effet nuisible. Je fis digérer une partie de ce résidu avec l'essence de térébenthine, et l'autre avec l'éther sulfurique : j'obtins par la distillation des dissolvans une espèce de caoutchouc, qui me parut retenir encore un peu de la substance brune,

surtout celle que j'avais obtenue par l'essence de térébenthine.

En traitant par l'acide sulfurique étendu d'eau le résidu de l'opium dépourvu de toutes les parties solubles, je le changeai en une substance muqueuse.

## VI. *Résultats qu'offre le traitement de l'opium par l'eau froide.*

13. La chaleur pouvant avoir quelque influence sur mes résultats, et n'ayant pas encore éclairci tout ce que Derosne dit de l'opium, je changeai mes expériences comme il suit. 1000 grains d'opium en poudre furent triturés dans un mortier de porcelaine avec de petites quantités d'eau distillée froide, qu'on ajoutait à plusieurs reprises. Après quelques heures on filtra la liqueur, on exprima fortement l'opium, et on continua ce traitement jusqu'à ce que l'eau parût incolore. Cette teinture aqueuse très-étendue, évaporée très-lentement, donna un extrait différent du premier, en ce qu'il ne fut pas troublé par l'addition d'eau. Mais l'ammoniaque et les sels ferrugineux y indiquant également la présence du méconate de morphine, je crois que c'est une combinaison acide de ces deux corps nouveaux, parce que la teinture de tournesol en est rougie. L'alcool ne décompose pas ce sel; l'extractif s'y dissout.

14. L'opium extrait par l'eau froide fut bouilli pendant un quart-d'heure dans un peu d'eau. La liqueur filtrée se troubla fortement par le refroidissement, et avait l'aspect d'une décoction de quinquina, sans être aussi colorée, et se comportait comme le sous-méconate de

morphine combiné avec un peu d'extractif. Il s'en déposa sur les parois du vase en forme d'une masse brunâtre, dans laquelle il se produisit après quelque temps des cristaux prismatiques de méconate de morphine.

15. Le résidu fut digéré fortement à chaud avec l'alcool. La liqueur brune, filtrée, déposa, après avoir été refroidie jusqu'à + 5° c., le sel décrit par Derosne. Ce sel rétablit par la morphine la couleur du papier rougi de tournesol, et réagit faiblement par l'acide méconique sur les sels ferrugineux. En même temps il se déposa au fond du vase une substance colorée qui, traitée par l'alcool, donna un peu de sous-méconate de morphine. Le résidu, qui était bien soluble dans l'alcool, mais presque pas dans l'eau, contenait la combinaison de la morphine avec l'extractif et la substance brune dont il a été question plus haut (12). La combinaison de la morphine avec l'extractif se distingue des résines par cette propriété: aussi l'extractif n'en peut être séparé qu'avec difficulté. L'ammoniaque en dissout encore moins, et ôte à cette combinaison de sa solubilité dans l'eau. — Le résidu, traité encore une fois par l'alcool, donna une teinture colorée qui se troublait par l'eau et ne s'éclaircissait pas par l'acide acétique; il s'ensuit que le précipité vient d'une huile. La dissolution contenait si peu de la combinaison dont il a été question plus haut, que la saveur n'en était presque pas amère.

16. Il résulte de ces observations que l'eau froide dissout le méconate de morphine avec excès d'acide et presque tout l'extractif, et que le résidu contient du sous-méconate de morphine peu soluble dans l'eau, avec un

peu d'extractif, qui se dissout facilement par l'alcool à froid, mais se dépose presque tout en cristaux.

## VII. *Conclusions.*

17. Sans parler des mélanges accidentels dont il n'a pas été question ici, mais dont j'ai parlé dans mes recherches antérieures, l'*opium brut du commerce* est composé de *méconate de morphine* peu acide, qui est partagé par l'eau froide *en sous-méconate de morphine* peu soluble, et *en méconate de morphine acide* très-soluble dans l'eau, supposé que ce ne sont pas d'autres acides végétaux mélangés qui rougissent le papier de tournesol. L'*extractif* est partagé en deux parties comme la morphine, dont l'une, qui est libre, se dissout dans l'eau froide; l'autre partie, sans doute plus oxidée, reste dans le résidu avec le sous-méconate de morphine, et forme par la digestion avec l'alcool du sous-méconate de morphine, et une combinaison de la morphine avec l'extractif, presqu'insoluble dans l'eau, mais très-soluble dans les acides.

L'eau chaude dissout plus de morphine que l'eau froide, et la morphine se précipite à froid dans la liqueur en combinaison avec un peu d'acide méconique et d'extractif.

La substance résineuse et les autres parties constituantes de l'opium n'ont aucune influence sur ses propriétés médicales, parce qu'elles ne sont presque point solubles dans l'eau ni même dans l'alcool.

Il y a donc une grande différence entre l'*extrait d'opium* qui est préparé par l'eau chaude et celui qui est fait par l'eau froide. Le dernier est plus actif que le premier. Les *teintures d'opium* doivent être préparées à l'alcool

pur, parce que ce n'est que lui qui dissout les combinaisons dont on a parlé plus haut. On ne doit pas conserver ces teintures dans des lieux où la température soit trop froide, parce qu'alors il se précipite un peu de sel de morphine. En ajoutant un peu d'acide acétique, on préviendrait ces inconvéniens, si l'on était sûr que l'acétate de morphine eût les mêmes propriétés médicales que l'opium ou le méconate de morphine.

L'extrait de têtes de pavots indigènes préparé à l'eau distillée, ne donna aucune trace de morphine par l'ammoniaque, lors même que l'on ajoutait un peu d'acide acétique. Il paraît que cette plante contient la morphine combinée avec l'extractif. Je n'y trouvai aucune trace d'acide méconique. D'autres chimistes, qui ont examiné l'opium, paraissent avoir obtenu des résultats différens.

## VIII. *Appendice.*

J'en étais là de mon Mémoire lorsque j'eus encore l'occasion de faire les observations suivantes sur la préparation de la morphine et de l'acide méconique.

1. Prenez 8 onces d'opium en poudre, broyez-les à froid avec 2 ou 3 onces d'acide acétique concentré et un peu d'eau distillée; étendez la pâte avec 2 ou 3 trois livres d'eau froide et filtrez la liqueur. Cette solution peu colorée contient de l'acétate et du méconate de morphine, de l'extractif et des traces de la combinaison de l'extractif avec la morphine.

2. Précipitez la morphine par l'ammoniaque et évaporez la liqueur jusqu'au quart; séparez après le refroidissement la morphine par la filtration, et précipitez le

méconate d'ammoniaque par une quantité convenable d'acétate de baryte. En évaporant le liquide à siccité, il se dépose encore un peu de méconate de baryte. L'extrait dont on a séparé les acétates par l'alcool absolu est presque de l'extractif pur ; j'en ai pris à la dose de 10 grains sans le moindre inconvénient.

3. Le résidu (1) contient la combinaison peu soluble dans l'eau de l'extractif en excès avec la morphine. Je le traitai à plusieurs reprises par l'acide sulfurique étendu de six parties d'eau, et je décomposai la solution acide par l'ammoniaque. Cette décomposition n'est qu'imparfaite, car il reste toujours de la morphine avec un excès de l'extractif (de l'acide méconique brun) et une trace d'acide sulfurique. Cet *extractif acide* ou l'*acide méconique brun* est sans effet ; ce n'est que la morphine qui lui communique ses propriétés nuisibles.

*Conclusions.*

L'opium brut contient donc de l'*extractif neutre* et de l'*extractif acide*, qui sont tous deux sans effets sur l'économie animale. Le dernier y est combiné avec la morphine ; mais il se combine avec le méconate de morphine et devient soluble dans l'alcool. Cette combinaison n'est décomposée qu'en partie par l'eau, car le résidu contient des traces de l'acide méconique, qui, formant une combinaison triple avec beaucoup de morphine et d'extractif, ne s'est dissous dans l'eau que peu à peu. C'est pourquoi l'extrait d'opium préparé à l'eau froide ne contient qu'une partie du méconate de morphine, et un peu de la combinaison de la morphine avec l'extractif. En ajoutant l'acide acétique, cette combinaison perd une

partie de sa morphine, et le méconate de morphine se sépare du méconate brun de morphine (1).

---

(1) J'avoue qu'on doit être surpris qu'après avoir parlé de l'acide méconique, j'en distingue un second, que j'appelle l'*acide méconique brun*; mais une telle marche me paraît assez rigoureuse et bien utile à l'analyse des végétaux. Il y a dix ans que j'ai établi, dans un Mémoire, qu'outre les acides connus depuis long-temps, il y en avait un second ordre qui ne rougissaient pas la teinture de tournesol et formaient avec les bases des combinaisons variées. La plupart des matières colorantes végétales et animales, et plusieurs parties constituantes efficaces des médicamens, appartiennent à cet ordre. Je citerai l'acide jaune de curcuma, ceux du quinquina, de la rhubarbe et de l'angustura, l'acide brun de l'opium, l'acide rouge de tournesol, etc. Ces demi-acides peuvent être formés facilement par les carbonates et les sous-carbonates alcalins, dont les bases forment avec eux des sels particuliers très-faciles à décomposer, en traitant leurs solutions par l'acide acétique, ou, si l'acide est dissoluble dans l'alcool, par l'acide sulfurique étendu d'eau. Parmi ces sels, on doit compter le tournesol, le carmin, le méconate brun de morphine, et sa combinaison avec le méconate de morphine et l'acétate de plomb, l'encre rouge et noire, les savons, etc. L'art de teindre s'occupe principalement de ces demi-acides et de leurs combinaisons. Nous voyons, dans l'opium, que ces demi-acides jouent un grand rôle dans l'analyse des végétaux; car c'est l'acide brun de l'opium ou l'extractif oxidé qui rend si difficile la séparation des parties constituantes de l'opium, en formant une combinaison triple avec la morphine et l'acide méconique.

Je viens de trouver qu'en prenant les précautions nécessaires, la *morphine* cristallise en pyramides tronquées, dont la base est ou un carré ou un rectangle, souvent aussi en prisme à base trapézoïde. Le *sel d'opium de Derosne* ou le *méconate de morphine* cristallise en prismes à base rhomboïdale, qui sont accolés les uns aux autres sous un angle de 50 à 65 degrés.

### *Observation du Rédacteur.*

Nous sommes surpris que le premier Mémoire de M. Sertuerner n'ait pas fixé plutôt l'attention des chimistes, non en France, où il ne paraît pas qu'il ait été connu, mais sur le reste du continent. La découverte

d'une base alcaline formée par le carbone, l'hydrogène; l'oxigène et l'azote, dans laquelle les propriétés neutralisantes sont très-prononcées, nous paraît de la plus grande importance, et c'est pour cette raison que nous nous sommes empressés d'en donner connaissance à nos lecteurs. Nous avons répété quelques-unes des expériences de l'auteur sur la morphine, et nous les avons trouvées exactes; mais nous avouerons que la partie de son travail qui est relative à l'acide méconique laisse encore beaucoup à desirer. M. Robiquet, dont le talent est bien connu, a entrepris des recherches qui, nous l'espérons, répandront beaucoup de jour sur cet objet. Nous ne craignons pas d'avancer que la découverte de la morphine va ouvrir un champ nouveau, et que bientôt on aura des notions précises sur les poisons tirés des végétaux ou des animaux. La plupart de ces substances se font remarquer par leur nature azotée, ainsi que par leurs propriétés alcalines, et elles formeront dorénavant un genre dont les espèces se retrouveront dans des végétaux très-différens. Déjà le célèbre Vauquelin a fait, à l'occasion de l'analyse du *Daphne alpina*, dans lequel il a trouvé une substance qui paraît avoir de l'analogie avec la morphine, une réflexion qui doit trouver place ici:

« C'est qu'en général il paraît que les substances végétales âcres et
» caustiques sont huileuses ou résineuses; et ce qui n'est pas moins
» remarquable, que les plantes qui recèlent des principes âcres et vé-
» néneux ne contiennent point ou presque point d'acide développé;
» que conséquemment on doit se défier des plantes qui ne sont point
» acides, et qu'au contraire celles où il y a des acides développés ne
» doivent pas inspirer les mêmes craintes. » (*Bulletin de Pharmacie*, t. IV, p. 538.)

---

## NOTE *sur le Principe colorant du sang des animaux.*

PAR M. BERZELIUS.

LEMERY et Menghini trouvèrent que le sang incinéré donne de l'oxide de fer. Le dernier croyait même pouvoir extraire ce métal du sang par l'aimant.

Pendant le développement de la chimie antiphlogistique, on commença à attribuer les changemens de la

couleur du sang à la présence de l'oxide de fer dans ce fluide; et comme les chimistes ne s'étaient point encore aperçus que les oxides de fer et de quelques autres métaux se dissolvent en quantité notable dans le sérum (1), ils cherchèrent dans le sang quelque corps qui fût susceptible de remplir cette fonction. Déyeux et Parmentier, à qui nous devons un excellent ouvrage sur le sang, crurent que l'alcali libre de ce liquide tenait l'oxide de fer en dissolution, comme on sait que l'alcali dissout le fer dans la *tinctura martis alcalina,* sans cependant chercher à prouver cette idée par aucune expérience. Gren conjectura que le fer devait y être combiné avec l'acide phosphorique. Fourcroy crut avoir déterminé d'une manière bien positive tant la forme sous laquelle le fer se trouve dans le sang, que la nature de la matière colorante. Voici ce qu'il en dit dans son *Système des Connaissances chimiques* (t. IX, p. 152). « Nous avons trouvé (M. Vauquelin et moi) dans nos expériences relatives à la coloration du sang, que le phosphate de fer sur-oxigéné est avec excès de sa base; que ce phosphate se dissout très-bien et par la plus légère agitation ou le broiement, dans le blanc d'œuf cru et dans le sérum du sang : il n'est même pas nécessaire d'employer l'aide de la chaleur pour opérer cette dissolution, puisqu'elle a lieu à froid par le seul mouvement, en offrant sur-le-champ une couleur rouge très-forte, qui imite celle du sang. Un peu d'alcali fixe pur accélère cette dissolution, et la rend plus complète et plus vive dans sa couleur. Ainsi le phosphate de fer, dont la quantité, quoique très-petite, suffit pour colorer le sang en rouge, y

(1) *Annales de Chimie*, tome LXXXVIII, p. 55-56.

est dans l'état de suroxidation et d'excès de métal; il y est dissous dans l'albumine et avivé par la soude qui s'y trouve ».

Quelque temps après je fis une analyse chimique du sang, par laquelle je cherchai à déterminer la composition de ce fluide, et la nature de chacun de ses principes constituans. Cette analyse a été imprimée dans le 2e volume de mon ouvrage sur la *Chimie animale*, publié à Stockholm en 1808 (1). J'y ai prouvé que la matière colorante du sang n'est pas une dissolution de sous-phosphate de fer dans du sérum, et que ni le tannin, ni le prussiate de potasse, en un mot aucun de nos meilleurs réactifs n'y montre la plus petite trace d'oxide de fer. Cependant la matière colorante contient du fer, quoiqu'il faille la détruire pour l'obtenir. La moitié des cendres qu'elle fournit est de l'oxide de fer; mais en la brûlant, il faut l'incinérer complètement pour obtenir cet oxide, ainsi que la chaux et les phosphates, car ils sont combinés avec le charbon d'une telle manière, que les acides les plus forts ne peuvent point les en extraire. J'en conclus que le fer ne se trouve point à l'état d'oxide combiné avec la matière colorante, mais que le fer métallique y est combiné avec les autres élémens de la même manière que le carbone, l'hydrogène, etc. La matière colorante du sang se dissout dans l'eau; la dissolution peut être évaporée à sec à + 50°, et la matière se redissout de nouveau; mais si on la chauffe à + 100°, elle se coagule et perd sa solubilité dans l'eau. Avec les acides elle donne des combinaisons analogues à celles de la fibrine et de l'albumine, c'est-à-dire qu'elle donne à

(1) On en trouve un extrait traduit en français dans les *Annales de Chimie*, tome LXXXVIII, p. 25.

froid avec les acides minéraux des combinaisons insolubles dans un excès d'acide, mais solubles dans l'eau pure. Ces combinaisons solubles perdent leur solubilité si on les chauffe avec l'acide, lequel décompose alors en partie la matière colorante. On peut alors, moyennant du prussiate de potasse, découvrir des traces d'oxide de fer dissous dans l'acide, etc. D'ailleurs j'avais prouvé que les cendres de la fibrine et de l'albumine ne contiennent point de fer.

Quatre ans après, M. Brande, de Londres, publia un ouvrage *sur le sang et le chyle*. Il examina entre autres la matière colorante du sang, et il obtint, d'une quantité considérable de matière colorante, une portion d'oxide de fer si petite qu'elle échappa presqu'à l'observation (1). Il en conclut (2) qu'il est bien évident, par les propriétés chimiques de la matière colorante du sang, *qu'elle est parfaitement exempte de fer*; il la considéra comme analogue aux principes colorans végétaux, et fit des recherches sur son emploi dans l'art de la teinture.

Enfin M. Vauquelin, dans une note insérée dans le 1er volume des *Annales de Chimie et de Physique*, p. 9, vient d'examiner les expériences de M. Brande, et en assurant que « ce chimiste a le premier démontré par des expériences que la cause de la couleur du sang réside dans une matière particulière et non dans le fer, comme on l'avait cru jusqu'à lui », il prouve par des expériences que la matière colorante du sang ne contient point de fer.

En parcourant les expériences de M. Brande, ma pre-

---

(1) *Annales de Chimie*, tome XCIV, p. 52.

(2) *Ibid.*, p. 69.

mière idée fut qu'il s'était trompé. Je crus que le poids que mes expériences, contraires aux siennes, avaient obtenu par leur coïncidence avec les expériences de Lemery, Menghini, Rouelle, et de tant d'autres chimistes, suffirait pour fixer l'opinion sur cette matière, sans que j'eusse besoin de chercher à appeler l'attention sur une méprise d'un chimiste d'ailleurs estimé; mais l'autorité qu'a acquise l'assertion de M. Brande par la confirmation que M. Vauquelin vient de lui donner, provoque un examen plus particulier.

La discussion se partage en deux questions : *a*) la matière colorante contient-elle du fer ou non ? Et *b*) en quoi le fer qu'elle contient peut-il contribuer à sa couleur ? — Je crois que ce que j'ai avancé dans le Mémoire cité, tant sur le fer contenu dans la matière colorante que sur la forme sous laquelle ce métal s'y trouve, est assez détaillé pour n'avoir pas besoin d'une exposition ultérieure, surtout si l'on ne doute point de l'exactitude de mes observations. Néanmoins j'ai cru devoir répéter les expériences rapportées par M. Vauquelin, pour éclaircir davantage cette matière.

Dans mes anciennes expériences je me procurai la matière colorante de la manière suivante : Le caillot égoutté fut coupé en lames minces et placé sur du papier brouillard, pour en extraire autant de sérum que possible. La matière colorante fut dissoute par l'eau, qui laissa la fibrine non dissoute et incolore. La matière colorante dissoute fut séparée de l'eau *a*) par l'évaporation, pour les expériences où il fallait l'avoir sans altération et avec conservation de sa solubilité, et *b*) par l'ébullition, qui la fit coaguler.

M. Vauquelin dit avoir simplifié et rendu plus certain ce procédé, qui ne me paraît ni compliqué ni sujet à mal réussir. Voici la simplification que ce célèbre chimiste vient de proposer : On écrase le caillot égoutté dans une terrine, avec 4 p. d'acide sulfurique, étendues de 8 p. d'eau, et l'on fait chauffer à 70° pendant six heures. On filtre la liqueur encore chaude ; on lave la partie non dissoute avec encore 8 p. d'eau ; on concentre la liqueur filtrée par évaporation, et on y verse de l'ammoniaque jusqu'à ce qu'il ne reste qu'un léger excès d'acide. La matière colorante se précipite ; on filtre et on lave le précipité sur du papier Joseph ; on le sèche et on finit par l'enlever du papier avec un couteau d'ivoire. J'ai répété cette expérience dont voici le résultat :

Le caillot est devenu noir et l'acide s'est coloré en brun foncé. Au bout de quelques minutes, il s'est fait une légère effervescence due à un dégagement de gaz azote que j'avais aussi observé dans mes anciennes expériences. J'ai mis la terrine sur un bain de sable : à mesure que le liquide se chauffait, la fibrine se rétrécissait, et le tout devenait plus liquide. J'ai eu soin que la température ne surpassât point + 70° centigr. J'ai ensuite passé le liquide presque noir par un tamis de crin qui a retenu la fibrine. Ce qui traversait le tamis fut jeté sur un filtre de papier. Il passa un liquide rouge brun ; mais la plus grande partie de la matière colorante resta sur le papier. La quantité d'eau de lavage prescrite par M. Vauquelin se colora aussi en rouge. Le liquide a été mêlé d'ammoniaque jusqu'à ce qu'il ne restât que très-peu d'acide. Il en fut troublé ; mais il fallut le chauffer de nouveau pour que le précipité se déposât. Ayant été filtré, sa

couleur se trouva peu diminuée. Le précipité était floconneux, gris brunâtre, et sa quantité, comparée avec celle de la matière colorante combinée avec l'acide sulfurique, restée sur le filtre, était peu considérable, quoique j'eusse employé, pour l'obtenir, une livre d'acide sulfurique et presqu'autant d'ammoniaque. Le précipité, lavé et séché, fut incinéré. Les cendres étaient rouges, tirant sur le jaune, et contenaient une forte dose d'oxide de fer.

En comparant le précipité obtenu par l'ammoniaque avec la matière que l'acide n'avait point dissoute, cette dernière avait une couleur beaucoup plus forte et entièrement analogue à celle du sang veineux : on a donc raison de considérer celle-ci comme contenant la matière colorante plus concentrée, c'est-à-dire, moins mêlée de fibrine et d'albumine que celle qui avait été dissoute par l'acide. Cette matière, traitée par l'eau pure, la colora bien plus que la solution acide ne l'était. L'ammoniaque y produisit un précipité semblable au précédent. On l'ôta du papier, on la mêla avec un peu d'eau pure, et on y ajouta de l'ammoniaque jusqu'à ce que ni le liquide ni la matière non dissoute ne fussent plus acides. On prit la masse presque noire sur un filtre ; mais comme elle ne passa que difficilement par le papier, on l'étendit de deux fois son volume d'eau-de-vie de 0.93 gr. sp., ce qui facilita la filtration ; on la lava avec ce liquide et on la sécha fortement. Cette matière incinérée donna des cendres dont la couleur était absolument celle de l'oxide rouge de fer, de manière à faire croire qu'elle était entièrement composée de cet oxide.

Une autre partie de cette matière fut dissoute par de

l'ammoniaque concentrée. Cette solution était si fortement colorée qu'elle n'était plus transparente; étendue d'eau, elle eut une très-belle couleur rouge et devint transparente. J'en ai fait mention, parce que ces circonstances prouvent que la partie insoluble dans l'acide sulfurique était de la matière colorante plus pure que celle qui en avait été dissoute.

Cette partie insoluble dans l'acide sulfurique est une combinaison de l'acide avec la matière colorante; elle rougit le papier de tournesol; l'eau seule ne peut point lui enlever son acide. Je la traitai par de l'eau bouillante; sa couleur devint noire, et le liquide répandit une si forte odeur de bile, que je ne pus m'empêcher d'en mettre une goutte sur la langue. Il avait un goût amer, semblable à celui de la bile; mais toutes ces propriétés de la bile se perdirent entièrement par l'évaporation, et l'alcool ne dissolvit rien de la masse séchée, qui eut de la ressemblance avec la matière résineuse que forme la matière propre de la bile avec les acides minéraux.

100 parties de matière colorante, obtenues de la combinaison insoluble avec l'acide sulfurique en la traitant par l'ammoniaque, donnèrent 1,25 p. de cendres rouges. 100 parties de cette cendre, traitées par l'acide muriatique, et la dissolution précipitée par de l'hydrosulfure d'ammoniaque, donnèrent un précipité noir abondant. Le précipité, dissous par l'acide nitro-muriatique, précipité par l'ammoniaque, lavé et chauffé au rouge, pesait 55,5 p.; ce qui coïncide entièrement avec le résultat de mes anciennes expériences sur cette matière. Or, il s'ensuit que la matière colorante du sang donne $\frac{7}{10}$ pour cent d'oxide rouge de fer par l'incinération, et que par

conséquent elle doit contenir un demi pour cent de fer métallique.

Je ne sais pas d'où dérive la différence entre le résultat de mon expérience et celui de M. Vauquelin; mais il est évident que ce que je viens de rapporter est entièrement conforme à la nature de la matière colorante, telle que j'en ai fait la description dans mes anciennes expériences. J'y ai fait voir qu'elle se combine avec les acides; que l'acide se colore, mais qu'il n'en dissout que très-peu. Si on enlève la liqueur acide surnageante et si on lave la partie non dissoute avec une petite quantité d'eau, la matière colorante se dissout dans de l'eau pure, et cette solution contient une combinaison, pour ainsi dire neutre, de la matière colorante et de l'acide employé. Si on y ajoute une nouvelle quantité d'acide, la partie dissoute se précipite de nouveau. Si on chauffe la matière colorante avec un acide, leur combinaison perd sa solubilité dans l'eau pure à une température au-dessus de + 60°, etc.

Ces expériences prouvent donc que la matière colorante du sang, exposée même à l'action des réactifs qui tendent à la décomposer, et qui d'ailleurs dissolvent le fer, conserve néanmoins ce métal, qui en est partie constituante et qu'on obtient dans ses cendres.

Quant à la question : si le fer a quelque part dans la couleur du sang ? il est bien difficile d'en déterminer quelque chose avec certitude; mais il y a tout aussi peu de raison de le nier que de l'affirmer. Il est bien évident que le fer ne produit point la couleur de la manière qu'on le supposait lorsqu'on le croyait en forme d'oxide dissous dans le sang; mais sa présence dans la

matière colorante peut cependant être de quelque influence sur la couleur. La matière colorante partage la plupart des propriétés de la fibrine et de l'albumine, dont elle ne diffère que par sa couleur et par le fer qu'elle contient. Elle ressemble encore plus parfaitement, à la couleur près, au *lens cristallina*, et les cendres de celui-ci ne contiennent que des traces de fer. D'un autre côté, la matière noire dont la choroïde de l'œil est revêtue donne une cendre rouge qui contient une très-grande quantité d'oxide de fer.

Je crois que ce que je viens de dire suffira pour prouver que la matière colorante du sang se distingue des substances animales incolores par la quantité d'oxide de fer qu'elle donne par l'incinération, et qu'il y a quelque probabilité que ce fer peut contribuer à la couleur foncée de cette substance.

Il paraît que M. Vauquelin, dans son examen de la prétendue découverte de M. Brande, n'a point incinéré la matière colorante, sans quoi on n'en peut retirer le fer qu'elle contient. Quant à M. Brande, qui l'a réduite en cendres et n'y a trouvé que des traces de fer qui échappèrent presque à l'observation, il est bien difficile d'expliquer le résultat qu'il a obtenu. Je m'abstiens d'autant plus volontiers de toute observation à ce sujet, que ce chimiste, dans le journal dont il est rédacteur, m'a donné des raisons assez bien connues de chercher à éviter toute relation avec lui.

---

## Extrait du second Mémoire de M. Hachette, sur l'Écoulement des fluides (1).

(Lu à l'Académie des Sciences le 26 août 1816.)

### § II.

*Sur les Veines fluides qui se forment dans les ajutages cylindriques et coniques.*

J'avais annoncé dans mon premier Mémoire que je continuerais l'examen des phénomènes d'écoulement par les ajutages, en ayant égard à la densité du milieu dans lequel se fait l'écoulement. Ces nouvelles recherches avaient pour objet de reconnaître l'influence de la pression de l'air sur une grande masse fluide, soumise à la fois à des forces d'impulsion et d'attraction; elles jetteront, j'espère, un nouveau jour sur le mouvement des liquides et sur les modifications que ce mouvement éprouve dans les tubes capillaires.

Je vais d'abord expliquer une anomalie observée par un physicien anglais, R. Samuel Vince, et rapportée dans un Mémoire lu le 27 novembre 1794 à la Société royale de Londres, et imprimé dans le volume de 1795 (tome 85) des *Transactions philosophiques*.

---

(1) La partie du rapport imprimé, Cahier de septembre 1816, page 78, qui se rapporte aux écoulemens par des tubes d'une petite longueur, nous ayant paru trop abrégée pour donner une idée complète du travail de M. Hachette, nous avons pensé que nos lecteurs nous sauraient gré de leur faire connaître ce paragraphe, qui est extrait de son Mémoire.

L'auteur de ce Mémoire s'exprime ainsi ( page 31, ligne 16 ). « J'ai appliqué sur le fond horizontal d'un
» vase cylindrique un ajutage également cylindrique,
» long d'un demi-pouce seulement (12,7 millimètres).
» Ayant observé les vitesses du liquide par l'orifice en
» mince paroi, et par l'ajutage de même diamètre que
» cet orifice, on a trouvé qu'elles étaient dans le rap-
» port de 3 à 4. Ayant réduit à un quart de pouce
» (6,3 millimètres) la longueur de l'ajutage, les vitesses
» n'ont pas varié sensiblement. En examinant le jet, j'ai
» remarqué que l'ajutage n'était pas plein, et que le
» fluide se contractait à l'orifice supérieur de l'ajutage.
» Mais quelle est la limite de la longueur du tuyau à
» laquelle il cessera d'être plein ? Cette recherche est
» entièrement un sujet d'expérience; on n'y a jamais
» appliqué la théorie. »

On voit par cet article du Mémoire cité de M. Vince, qu'il admet une exception, et qu'il suppose que les ajutages cylindriques très-courts n'augmentent pas la dépense. Ce fait est rappelé dans un Mémoire de M. Mathiew Young, année 1798, dont il sera question plus bas, et dans le *Traité de mécanique* publié en 1815 par le docteur Olynthus Gregory (tome 1er, page 454). Cependant j'ai démontré, dans un premier Mémoire, qu'un ajutage demeure plein pendant l'écoulement, parce que l'adhérence du liquide aux parois du vase et de l'ajutage a modifié la forme de la veine fluide, et que cette modification ne cesse que pour une vitesse déterminée du liquide, qui dépend de la longueur de l'ajutage. Si cette proposition est exacte, elle doit l'être pour tous les ajutages longs ou courts, et l'exception admise

jusqu'à présent serait sans fondement. L'expérience suivante confirmera la vérité de cette conséquence.

J'ai adapté au fond d'un réservoir un ajutage cylindrique vertical, des dimensions suivantes :

Longueur, 6 millimètres; diamètre, 9,5 millimètres; aire de la section intérieure, 70,88 millimètres carrés. La partie cylindrique de l'ajutage, plus large que longue, était en dehors de la cuve. Ayant entretenu le niveau de l'eau au-dessus du plan de l'orifice supérieur à 142 millimètres, le volume d'eau écoulée en 2′ 30″ a été de 11,2 litres; ce qui porte la dépense en 1″ à 74,7 centimètres cubes. Cette même dépense, calculée par la règle de Torricelli, est 118,235 centimètres cubes; ce qui donne pour le rapport de ces deux dépenses 0,63. Ce résultat confirme, ce qui était d'ailleurs très-visible, que l'ajutage n'était pas plein pendant l'écoulement. Ayant réduit la hauteur constante du niveau à 30 millimètres, on a trouvé pour la quantité d'eau écoulée en 4′ 8″ le nombre 12,4 de litres, et pour la dépense en 1″, 50 centimètres cubes. L'eau coulait à plein tuyau. La dépense en une seconde, calculée par la règle de Torricelli, donne 54 centimètres cubes. D'où l'on voit que l'adhérence du liquide aux parois avait presque détruit la contraction de la veine qui aurait lieu pour un orifice en mince paroi plane.

Dans cette expérience, la longueur (6 millimètres) de l'ajutage était à-peu-près égale à celle du tube employé par M. Vince, et cependant l'écoulement s'est fait à plein tuyau. C'est un phénomène assez curieux que le passage brusque d'une veine fluide qui remplit un tuyau cylindrique, à la veine contractée qui lui succède, et

qui résulte de l'augmentation graduelle de la hauteur du niveau de l'eau au-dessus du tuyau.

Non-seulement il n'est pas vrai que de petits ajutages cylindriques n'augmentent point la dépense par les orifices auxquels ils sont adaptés; il est plus exact de dire que pour certaines pressions la dépense augmente à mesure qu'on diminue la longueur de l'ajutage.

En effet, suivant Poleni, la dépense par de longs ajutages est à la dépense par un orifice en mince paroi de même diamètre dans le rapport de 133 à 100. Or, en représentant par 1 la dépense théorique calculée par la règle de Torricelli, la dépense réelle par un orifice circulaire en mince paroi d'un centimètre de diamètre, sous une pression de plusieurs décimètres, est 0,62; d'où il suit que la dépense par l'ajutage supposé plein est $(0,62)\frac{133}{100}$, ou 0,82. Mais dans l'expérience de l'article précédent, la dépense réelle est à très-peu près égale à la dépense théorique; d'où il suit que les petits ajutages pour de petites pressions (qui ont néanmoins une limite) augmentent plus la dépense que des ajutages longs de trois à quatre fois leurs diamètres, sous des pressions de plusieurs décimètres. J'ai observé les phénomènes d'écoulement pour les pressions au-dessous de cette limite, et je me suis assuré que quoique l'écoulement se fasse à plein tuyau par un ajutage cylindrique, la dépense peut être moindre que celle qui se ferait par un orifice en mince paroi plane, de même diamètre que l'ajutage. A mesure qu'on diminue la hauteur du niveau du liquide au-dessus de l'orifice ou de l'ajutage, la vitesse due à cette hauteur diminue, et ce qu'on perd en force par les adhérences du liquide aux parois du vase et de l'ajutage est plus grand

que ce qu'on y gagne par l'influence de l'ajutage supposé plein. La forme des veines fluides qu'on obtient dans ces circonstances nous a paru mériter un examen particulier.

On verse un liquide dans un vase, en ayant soin qu'il s'élève très-peu au-dessus du fond horizontal de ce vase. On adapte à ce fond un orifice circulaire en mince paroi plane, ou un ajutage cylindrique de même diamètre. La pression du liquide sur le plan de l'orifice est très-petite; le liquide adhère aux parois du vase et de l'ajutage; néanmoins on suppose que le jet de la veine qui sort par l'orifice soit continu. Dans cette hypothèse, après avoir diminué par un moyen quelconque la hauteur du liquide au-dessus de l'orifice, on parvient à une hauteur telle, que la veine correspondante à cette hauteur et à toutes celles qui sont au-dessous, n'a aucune ressemblance avec celles dont nous avons décrit les formes dans le premier Mémoire. (*Voyez* l'analyse de ce Mémoire, cahier de février 1816, p. 202.) L'orifice en mince paroi ou l'orifice à l'extrémité de l'ajutage est, dans ce cas, la section *maximum* de la veine. Les sections horizontales immédiatement au-dessous vont en décroissant, et ce décroissement est d'autant plus sensible que la hauteur du niveau du liquide au-dessus de l'orifice est plus petite. En réduisant cette hauteur, la continuité du jet cesse, et le liquide ne coule que goutte à goutte. Pour distinguer la veine que nous venons de décrire, nous la nommerons *veine secondaire*. En prenant pour exemple la veine fluide qui sort par un orifice horizontal triangulaire, on a, pour des hauteurs de la surface du liquide au-dessus de cet orifice, dont la limite inférieure est dé-

terminée, des veines fluides terminées par des surfaces qui ont leurs lignes de striction, de rebroussement, etc. Au-dessous de cette limite, la surface de la veine change totalement, et semble indépendante du contour de l'orifice. Toutes les sections horizontales ne diffèrent pas sensiblement du cercle.

Les mêmes effets ont lieu avec tous les orifices, quelle que soit leur grandeur, avec les ajutages à mince paroi, et avec ceux dont les bords ont une certaine épaisseur. Dans ce dernier cas, le liquide s'étend sur la surface extérieure de l'ajutage, et tous les filets partent de cette surface, comme des parois d'un réservoir.

Après m'être assuré que les ajutages cylindriques, *quelque courts qu'ils fussent*, restaient pleins pendant l'écoulement, pourvu que la hauteur du niveau ne dépassât pas certaines limites, j'ai observé des effets semblables dans les ajutages coniques, dont l'axe était vertical et les bases parallèles au fond du vase auquel on les adaptait. L'ajutage conique dont je me suis servi était en cuivre mince. Le diamètre de la petite base était de trois millimètres, celui de la grande base de 12,6 millimètres, et la distance des plans des bases de 27 millimètres. Pour faire varier la grande base tandis que la petite base et sa distance à la grande restaient les mêmes, j'ai rempli cet ajutage de cire molle, et on moulait dans cette cire des cônes en bois de buis de différentes grandeurs. A mesure qu'on diminuait l'angle du cône intérieur, la hauteur capable de détacher la veine fluide des parois de l'ajutage augmentait. J'ai obtenu, de cette manière, un écoulement à ajutage plein, sous une hauteur de niveau de 3 centimètres, avec un ajutage conique dont

l'angle intérieur était de 20°, ou d'un 18$^{me}$ de circonférence. La veine fluide affectait la forme secondaire décrite dans l'article précédent. Venturi avait fixé le *maxinum* de divergence dans les côtés de l'ajutage à 16 degrés. (Page 30 des *Recherches expérimentales*, année 1797.)

Ce physicien pensait que, pour cette divergence, ce qu'il appelait la *communication latérale* cessait de produire son effet. Cependant il n'était pas éloigné de croire que la limite de cet effet dépendait un peu de la vitesse du fluide. (Même page de ses *Recherches*.)

Ayant substitué l'alcool à l'eau pour les écoulemens par les ajutages coniques, j'ai observé que, sous la pression à laquelle l'eau remplissait l'ajutage, la veine d'alcool se détachait des parois intérieures de cet ajutage. D'où l'on pouvait conclure qu'un disque mouillé d'alcool adhérait moins à l'alcool qu'un pareil disque mouillé d'eau n'adhérait à l'eau.

J'ai vérifié cette conséquence au moyen d'une balance hydrostatique dont un bras portait un disque en verre de 58 millimètres de diamètre, et dont la surface était 26,42 centimètres carrés. La différence des poids capables de détacher le disque de l'eau et de l'alcool était au moins de 3 grammes; ce qui est d'ailleurs conforme aux expériences de M. Gay-Lussac, rapportées par M. de Laplace, dans le 10$^{me}$ livre de sa *Mécanique céleste*, page 54.

# *Sur la Glace polaire.*

PAR M. WILLIAM SCORESBY (1).

Tiré des *Mémoires de la Société Wernerienne d'Edimbourg*, vol. II, part. II, p. 1 et suiv.

## *Différentes espèces de Glace.*

ON nomme *champ de glace* (field of ice) une surface continue de glace dont on n'aperçoit point les limites depuis le sommet d'un mât de vaisseau.

Ces champs ne s'élèvent guère que de quatre à six pieds au-dessus de la surface de l'eau, et s'enfoncent jusqu'à

---

(1) Nous sommes redevables de la traduction du Mémoire de M. Scoresby à un géologue et voyageur célèbre, M. Léopold de Buch, qui a bien voulu nous l'adresser de Londres, où il est maintenant. La lettre qu'il nous a écrite à ce sujet contient quelques particularités qui trouveront ici naturellement leur place.

« Le Mémoire que je vous adresse renferme une grande » quantité de faits jusqu'ici peu connus; il fait connaître une » partie du globe sur laquelle on n'a que des idées confuses. » J'avoue que la lecture de cet écrit m'a vivement intéressé. » L'auteur, M. Scoresby, s'est formé lui-même; il est, et » son travail le dénote assez, un excellent observateur. Il » a été plus de vingt fois vers le 80e degré de latitude, et il y » retourne tous les ans. Il conserve encore dans ses papiers » des observations nombreuses sur la température des mers, » tant à la surface qu'à différentes profondeurs. Il a donné » une attention suivie à la pesanteur spécifique des différentes

vingt pieds au-dessous. On en a vu de cent milles (anglais) de longueur, et de plus de la moitié de cette distance en largeur.

Toutes les autres masses de glace répandues dans le grand Océan, et connues par différens noms, ne peuvent être mieux représentées qu'en supposant un champ de glace brisé.

En effet, la glace la plus forte et la plus épaisse ne saurait résister aux mouvemens des vagues; la glace mince plie et ne se rompt point. Un *champ* que les courans entrainent vers le sud se brise, par l'effet des vagues, en une grande quantité de pièces, dont bien peu excèdent 40 à 50 brasses (*fathoms*) en diamètre. Des pièces pareilles, se touchant par leurs bords et réunies sur une telle étendue qu'on n'en observe pas les limites d'un mât de vaisseau, sont nommées par les pêcheurs de baleine un *pack*.

Un pack se nomme *palch* dès qu'on peut lui attribuer une forme circulaire; et *stream* quand cette forme est allongée, pourvu toujours que le contact des pièces soit conservé.

On dit que la glace est *ouverte* quand la séparation des pièces est assez grande pour permettre à un vais-

» eaux que son vaisseau traversait; il en a rapporté de toutes » les latitudes. M. Scoresby est enfin connu pour le plus » courageux et le plus hardi des capitaines qui fréquentent » les mers du Groenland; c'est un homme digne de figurer » à côté des Hudson, des Dampier, des Cook; et si jamais » on le place à la tête d'un voyage de découvertes, je suis » persuadé que son nom ne s'oubliera pas plus que celui de » ces habiles navigateurs. » (Londres, 20 mai 1817.)

seau de se mouvoir entre elles : on se sert aussi quelquefois, dans ce cas, du terme *drift Ice*, glaces flottantes.

Un *hummock* est une protubérance sur une plaine quelconque de glace : il est fréquemment produit par la pression qui force une pièce à passer sur sa voisine, et la soulève par son bord; la congélation la soude ensuite, dans cette position, aux glaces contiguës. C'est à ces hummocks que les glaces polaires doivent leur aspect bizarre et singulier. On les voit surtout en abondance sur le bord des grands *packs*, mais rarement dans l'intérieur des champs. Ils s'élèvent souvent jusqu'à la hauteur de trente pieds et au-delà.

Un *calf* est un morceau de glace submergé de la même manière qu'un hummock est élevé. Ordinairement une grande masse le retient d'un côté, tandis que son autre extrémité s'élève sur la surface de la mer. J'ai pourtant vu un calf si profondément enfoncé et si grand, qu'on pouvait passer dessus sans le toucher : ses deux extrémités s'apercevaient des deux côtés du vaisseau. Toutefois c'est une entreprise téméraire qu'un tel passage; car un choc peut très-facilement rendre la liberté au calf, qui alors s'élève avec violence à la surface et détruit le vaisseau.

### *Qualités de la Glace.*

Les marins distinguent la *glace d'eau salée* de la *glace d'eau douce* : la première est blanche, poreuse et opaque, excepté en morceaux fort minces; la lumière qui la traverse est verdâtre; elle est moins dure et surnage plus facilement que la glace d'eau douce. Les

masses de cette glace qui ont été exposées sur des hummocks à l'influence du soleil et de l'air, se durcissent et donnent, par la fonte, de l'eau douce.

L'eau, au contraire, qu'on obtient par la fonte des fragmens retirés de l'Océan reste toujours un tant soit peu saumâtre. Quoiqu'il soit très-vraisemblable que cette salure n'est due qu'à de l'eau salée retenue dans les pores de la glace, j'observerai néanmoins que je n'ai jamais réussi, dans mes essais, à obtenir une glace ni dense, ni transparente, ni fraîche avec de l'eau de mer. Il n'y a pourtant point de doute que la gelée ne sépare l'eau et le sel. Un vaisseau, dans un temps froid et dans une mer houleuse, reçoit fréquemment des jets (*sprays*) d'eau salée, et se couvre de glaçons; mais on observera constamment dans leur milieu une portion d'eau qui ne gèle pas. Cette portion est saturée de sel; elle ne pourrait geler; car l'eau salée, d'une pesanteur spécifique de 1,0260, qui contient $5\frac{3}{4}$ onces avoir du poids de sel, dans chaque gallon de 231 pouces cubiques; c'est-à-dire, l'eau telle qu'elle se trouve ordinairement dans les mers du Spitzberg, se gèle à $28\frac{1}{2}$ deg. *F.* (ou-2° cent.). L'eau de mer, concentrée par la congélation jusqu'à la pesanteur spécifique de 1,1045, ne gèle plus ensuite qu'à $13\frac{2}{3}$ *F.* (ou-10°,2 cent.); et l'eau saturée de sel marin reste liquide, même à une température de 4 *F.* (ou-15°,5 cent.).

Quand la glace d'eau salée nage dans l'Océan à la température du point de la congélation, sa partie au-dessus de la surface est à la partie submergée à-peu-près comme 1 à 4. Dans l'eau douce, à la même température, cette proportion est à-peu-près comme 10 à 69, ou presque

comme 1 à 7. Il paraît donc que sa pesanteur spécifique est 0.873.

Tout ce qu'on nomme *glace nouvelle* ou *jeune* (*young ice*), et qui compose une très-grande partie des glaces flottantes et des paks est de cette nature; ces pièces sont planes, ont rarement au-delà de 50 mètres de diamètre et sont ordinairement couvertes de neige.

La glace d'eau douce se reconnaît facilement en mer par son aspect noirâtre, sa belle couleur verte et une transparence parfaite quand on la retire de l'eau. On en voit quelquefois de larges pièces qui ne le cèdent pas au plus beau cristal, et dont on peut se servir pour concentrer les rayons du soleil. J'ai fréquemment allumé du bois, de la poudre et les pipes de tabac des marins avec un fragment dont la convexité n'était pas même très-régulière.

Les marins ne revenaient pas de leur surprise de voir cette masse de glace conserver sa solidité et sa transparence, tandis que les rayons solaires qui en sortaient ne leur permettaient pas même de tenir une seconde, leurs mains dans le foyer. Pour construire ces lentilles, je commençais à tailler la forme avec une hache; puis je l'égalisais à l'aide d'un couteau, et je polissais la surface par la simple chaleur de la main, ayant l'autre, qui tenait la glace, enveloppée d'un gant de laine. Je me suis procuré un jour, de cette manière, une lentille d'une glace parfaitement pure, de seize pouces en diamètre. Malheureusement le soleil se cacha peu après pour plusieurs jours, et m'empêcha de faire les expériences que je méditais.

La glace la plus dense et la plus transparente est à-peu-

près d'un dixième plus légère que l'eau de mer, à la température de zéro. Plongée dans de l'eau pure de cette température, la proportion de la partie élevée à celle qui s'enfonce est comme 1 à 15. Sa pesanteur spécifique est à-peu-près 0,937.

*Formation de la Glace dans la mer.*

On s'est imaginé que le voisinage de la terre est absolument indispensable pour que la mer se couvre de glace; mais j'ai observé loin des côtes les progrès de la congélation depuis l'apparition des premiers cristaux jusqu'à ce que la glace eût atteint l'épaisseur d'un pied, sans que la terre y influât le moins du monde. Il est vrai pourtant que la vieille glace ayant été enlevée par les courans ou par les vents d'est, la terre avait empêché de nouvelles glaces de prendre leur place. Mais celle que je voyais se former se trouvait à plus de vingt lieues du Spitzberg. J'ai encore vu de la glace naître pendant des vents assez violens, sous le 72$^{e}$ deg. de latitude, et dans des lieux exposés aux vagues de la mer du Nord et de l'Ouest. Quand les premiers cristaux de glace paraissent, la surface de l'Océan ressemble à celle d'une eau trop froide pour fondre la neige qu'on y aurait jetée; c'est ce que les marins nomment *studge* (saleté) : la mer houleuse en est tout-à-coup apaisée, comme par l'huile qu'on étend sur une surface liquide agitée. Le mouvement des vagues toutefois brise les cristaux en petits fragmens de trois pouces au plus de diamètre. Ces morceaux, tout en augmentant, sont constamment heurtés les uns contre les autres, arrondis et relevés par leurs bords. On les nomme alors des *pancake* : ils en forment de plus larges

jusqu'à ce qu'enfin ils puissent atteindre un pied d'épaisseur sur plusieurs brasses de circonférence.

Quand la mer n'est pas agitée, les progrès de la congélation sont plus rapides et la glace s'augmente par la surface inférieure. Si le froid est intense, elle peut atteindre l'épaisseur de deux à trois pouces en vingt-quatre heures, et soutenir le poids d'un homme en moins de quarante-huit: on la nomme alors *bay-ice*. La glace ancienne se divise en glace *légère* et en glace *pesante*: la première comprend la glace entre 1 et 3 pieds d'épaisseur; l'autre, toute celle qui surpasse trois pieds.

Lorsque l'on considère que la mer qui est entourée de grandes masses de glaces est toujours calme comme l'eau dans un port, on conçoit que l'effet d'un mois de gelée intense y doit produire d'immenses champs de glace. Quoiqu'on ne puisse nier que beaucoup de glaces ne soient d'abord formées dans les baies et entre les îles du Spitzberg, et entraînées ensuite vers la grande mer par les courans qui occasionnent la fonte des neiges sur les montagnes, on rendrait difficilement raison par ce moyen de l'immense quantité qu'on en rencontre dans la mer du Nord.

### *Champs de glace.*

Je suis tenté de croire que les champs de glace se forment généralement entre le Spitzberg et le pole. Une objection néanmoins se présente: c'est la densité et la transparence de la glace des champs, et la douceur de l'eau qui provient de leur fonte; caractères qui ne conviennent point à la glace d'eau salée, mais bien à celle que nous avons nommée *glace d'eau douce*. Je hasarde donc,

pour la formation de ces champs, la théorie suivante, comme assez vraisemblable.

Il est à-peu-près certain que les vents doivent séparer les glaces du Nord par les courans irréguliers qu'ils occasionnent; les ouvertures sont gelées de nouveau en peu de temps : il s'y forme une couche mince de *bay-ice*. La neige, qui généralement couvre ces masses jusqu'à la hauteur de deux à trois pieds, se fond vers la fin de juin et dans le mois de juillet; mais l'eau qui en provient ne pouvant arriver à la mer puisque la glace nouvelle s'est soudée à l'ancienne, est retenue d'abord, gelée ensuite peu de temps après, et augmente ainsi la hauteur du champ de plusieurs pouces. Ceci répété pendant plusieurs années, conjointement avec l'augmentation de la glace par-dessous, doit être suffisant pour produire les masses les plus étendues, et une glace dense et transparente, comme l'est en général celle des champs.

Ces champs paraissent ordinairement vers le mois de juin, quelquefois aussi plus tôt; les fortes brises du nord et de l'ouest les amènent vers les *greenlandmen*, c'est-à-dire, vers les pêcheurs de baleine : ces vents chassent les masses séparées de glaces qui entourent les champs et les font avancer vers la mer ouverte. Il y a de ces champs dont la surface est si parfaitement plane, sans le moindre *hummock*, que je hasarde de dire qu'un carrosse aurait pu avancer plus de cent milles sur l'un d'eux dont je me ressouviens, sans rencontrer le moindre obstacle.

Fréquemment pourtant on observe quelques *hummokcs* dont l'éclat éblouissant est relevé par la réflexion d'une couleur verte extrêmement délicate provenant de l'intérieur des petites excavations.

Un grand nombre de ces champs sont annuellement détruits par le mouvement continuel qui les entraîne vers le sud-ouest, même dans les temps calmes ou malgré les vents contraires. On les a vus souvent avancer de plus de cent milles dans cette direction pendant le courant d'un seul mois: Lorsqu'ils ont percé les pièces de glaces séparées qui jusque là les protégeaient, les vagues de la mer ouverte les brisent, les dissolvent ou en forment des glaces flottantes; d'autres champs prennent leur place. C'est sur des champs que les ours blancs font leurs voyages de mer. On en a rencontré souvent aussi loin que les vaisseaux ont pénétré, et non-seulement sur des champs continus; mais même encore sur la glace de *pack* rapprochée.

Rien de plus sublime et de plus effrayant dans ces régions, que l'effet des mouvemens accidentels des champs. On les voit très-fréquemment tourner avec une vitesse de plusieurs milles par heure. Une telle masse, quand elle touche un champ en repos, ou mieux encore, quand elle est arrêtée par un champ qui est mu dans une direction contraire, produit un choc dont l'effet surpasse tout ce que l'imagination pourrait inventer. Une masse du poids de dix mille millions de tonnes arrêtée dans sa course! qu'on s'en représente les suites! Le champ le plus faible est entièrement détruit avec un bruit horrible. Des pièces de dimensions énormes sont élevées les unes contre les autres à la hauteur de vingt ou trente pieds; d'autres, au contraire, sont submergées.

Le pêcheur de baleines, quoique toujours en danger, doit redoubler de soins s'il veut échapper à sa destruction quand les circonstances l'obligent de passer entre des

champs en mouvement, et surtout si le temps brumeux l'empêche d'en saisir la direction. Il est clair que le vaisseau le plus fort pourrait aussi peu résister au contre-choc de deux champs, qu'une feuille de papier ne pourrait arrêter une bale de mousquet dans sa course. Malgré toutes les précautions possibles, un grand nombre de vaisseaux périssent entre ces masses : tantôt ils sont jetés et renversés sur la glace; tantôt leur fond est entièrement enlevé; quelquefois ils sont ensevelis sous des amas de décombres.

J'eus l'occasion d'observer un phénomène de cette espèce en mai 1813. Nous nous trouvâmes tout à coup arrêtés par un immense champ qui venait de s'unir à une aggrégation de pièces. En attendant une séparation, je me transportai sur la glace vers le point de jonction. Les deux masses étant encore en mouvement violent, se précipitèrent l'une sur l'autre avec un bruit semblable à un tonnerre lointain. La pression énorme qui en résulta fendit la glace dans toute sa longueur, même jusqu'au-dessous de mes pieds. Je vis dans ces fentes que la neige au-dessus de la glace avait une hauteur de trois pieds et demi, et la glace elle-même plus de douze pieds. Plus loin j'aperçus un *hummock* élevé de vingt-cinq pieds au moins, au-dessus de la surface de la mer, et qui s'étendait soixante *yards* en longueur et quinze en largeur.

*Montagnes de glace. (Seebergs.)*

On a nommé ordinairement *montagnes de glace* ces masses qui bouchent les vallées dans les terres circompolaires; elles présentent communément une surface carrée et perpendiculaire du côté de la mer. Elles s'enfon-

cent dans les terres jusqu'à des limites qui n'ont pas encore été déterminées. J'ai vu celles qu'on nomme *les sept montagnes (seven seebergs)* dans les vallées de la côte nord-ouest du Spitzberg. La couleur verte de la surface luisante de ce mur perpendiculaire, qui a plus de 300 pieds de hauteur, forme un contraste remarquable avec la blancheur des grandes masses de montagnes neigées qui s'élèvent, les unes au-dessus des autres, en perspective infinie.

Il est probable que de très-grandes masses se détachent de ces murs, ou par la pression en avant, ou par la dilatation de l'eau qui se gèle dans des fentes, et qu'on leur doit en partie les montagnes de glace flottantes dans la mer; mais je doute qu'elles puissent former ces immenses montagnes qu'on rencontre quelquefois. Comment se ferait-il d'ailleurs qu'on en trouve si peu, et qu'elles soient si petites dans les environs du Spitzberg, tandis qu'elles ont de si grandes dimensions dans la baie de Baffin? La plus grande que j'aie rencontrée dans les mers du Nord avait mille yards de circonférence; elle était carrée; sa surface plane sortait d'à-peu-près vingt pieds au-dessus de la mer. Comme elle était composée d'une glace très-dense, elle doit avoir eu 150 à 160 pieds d'épaisseur, et un poids de deux millions de tonnes à-peu-près.

Dans le détroit de Davis on a vu très-souvent au contraire des masses de près de deux milles de longueur et de deux tiers de mille en largeur, dont la surface, raboteuse et échancrée, était surmontée de tours qui avaient plus de cent pieds, pendant que leur surface inférieure devait être enfoncée de 150 yards au-dessous de la surface de la mer. On en a aussi observé, dans ces parages,

ayant une surface plane de cinq à six milles carrés, élevées de trente yards au-dessus de la mer, submergées par conséquent de 90 à 100 fathoms, et dont le poids ne peut avoir été moindre que de deux millions de tonnes.

Je crois donc que les montagnes de glace se forment plutôt dans des baies garanties des vents et des courans, qu'entre les montagnes et dans les vallées de la terre. En effet, le Groenland, du côté du détroit de Davis, a, sous ce rapport, un avantage décidé sur le Spitzberg, surtout dans la côte ouest, la seule accessible, et qui est tellement ouverte aux courans et aux vents, qu'elle se débarrasse entièrement de ces glaces tous les ans. La côte du Spitzberg, selon le rapport et les cartes des Hollandais, est moins sujette à cette influence, et c'est précisément de cette partie que les montagnes de glace dans ces mers paraissent avoir été détachées; car on les trouve communément dans le voisinage du *Cherry Island* (île des Ours, *Baren insel*), et entre cette île et le cap le plus méridional du Spitzberg, où on suppose que le courant donne du nord-est vers le sud-ouest. La douceur constante de l'eau qu'on retire par la fonte de la glace des montagnes, ne peut être alléguée comme une objection contre leur formation au milieu de l'Océan, puisque nous avons vu que la glace des champs, fort éloignés de la terre, donne également de l'eau douce. Nous pouvons concevoir dès-lors que les montagnes ont été formées de la même manière que les champs, par l'accumulation de neiges fondues et gelées de nouveau, qui peut-être ont exigé un grand nombre de siècles pour s'élever à une hauteur si prodigieuse. Ces montagnes d'ailleurs ne pouvaient s'accroître que là où aucun courant ne les emportait vers le sud.

Les montagnes sont souvent d'un grand secours aux pêcheurs de baleines. Elles sont presque toujours immobiles malgré le vent et les mouvemens de la mer; si elles ont fréquemment l'apparence de se mouvoir contre le vent, c'est à cause de la rapidité avec laquelle elles sont dépassées par toute autre espèce de glace. Elles forment donc un point d'appui pour les vaisseaux lorsque les vents sont violens ou contraires, ou quand la stabilité est nécessaire pour les opérations de la pêche; quelquefois encore, si le vaisseau se trouve trop incommodé par les glaces flottantes, on se réfugie sous quelque montagne du côté opposé au vent (*leeward*). Ces glaces sont poussées constamment par le vent dans la même direction, et on peut attendre tranquillement qu'elles soient passées. Il est néanmoins dangereux d'amarer au-dessus des hautes montagnes; car souvent elles sont si délicatement équilibrées qu'un léger accident les fait tourner; si, en se déplaçant elles rencontrent dans le fond un obstacle qui les arrête, élles se fendent et se détachent avec un bruit de tonnerre. Ce qu'elles ont couvert dans leur chute est emporté ensuite par l'énorme lame à laquelle cette même chute a donné naissance.

Toute espèce de glace pure devient extrêmement fragile quand la température de l'air a dégelé sa surface. On voit des montagnes se fendre dans toute leur hauteur pour avoir été simplement frappées d'un coup de hache par un matelot qui voulait y fixer une ancre. Ce malheureux marin tombe alors dans la fente, tandis que les pièces qui se précipitent avec grand bruit, et dans des directions contraires, emportent le bateau et l'équipage, les submergent ou les écrasent.

Si la hache ne forme pas de fente, le bruit, dans toute la longueur de la glace, fait encore assez voir la tendance de la masse à se séparer; et en effet, elle est souvent partagée par des crevasses comme celle des glaciers dans les Alpes.

Les petits lacs qui se forment pendant l'été sur la surface des montagnes fournissent aux vaisseaux un excellent moyen de se pourvoir d'eau douce. On place l'extrémité d'une *hose* ( cylindre de toile destiné à conduire l'eau) dans un de ces lacs, et on fait aboutir l'autre extrémité dans les tonneaux sur le vaisseau même, ou dans un bateau au pied de la montagne.

En résumant tout ce qui vient d'être dit sur les différentes espèces de glaces, nous verrons;

1°. Que la glace légère flottante ( *light drift ice* ) est le produit annuel des baies du Spitzberg et des espaces compris entre la glace ancienne, et qu'elle provient entièrement de l'eau de la mer;

Que la glace lourde flottante ( *heavy drift ice* ) tire son origine de champs séparés.

2°. Que quelques-unes des montagnes de glace proviennent des glaciers qui existent dans les vallées de la terre, et sont par conséquent le produit de la neige et de l'eau de pluie.

Mais qu'une partie beaucoup plus considérable de ces montagnes paraît avoir été formée dans les baies profondes et abritées de la côte orientale du Spitzberg. Elles seront donc premièrement le produit d'eau de la mer, puis celui de la neige et des pluies. Il est extrêmement probable qu'un continent de montagnes de glace dont le centre est peut-être aussi ancien que le globe lui-même, s'étend fort en avant dans ces régions vers

le pole, et qu'il s'augmente et s'agrandit annuellement.

3°. Que quelques-uns des *champs* sont formés par la cémentation de grandes pièces; mais qu'une partie bien plus considérable se forme dans ces ouvertures qui sont produites dans les glaces polaires par leur mouvement constant vers le sud.

4°. Enfin, que la proximité de la terre n'est nécessaire ni pour l'existence, ni pour la formation, ni enfin pour l'agrandissement des glaces.

### *Situation des Glaces polaires.*

Toute la masse de glace qui se trouve entre le Groenland et la partie européenne de la Russie, quoique très-variable pour les détails, conserve néanmoins une limite générale, remarquable par son uniformité.

Cette limite n'était pas tout-à-fait, avant le 15e siècle, ce qu'elle est maintenant. Alors la partie du Groenland située entre Sralen-Hoeck et le parallèle de l'Islande était accessible, et même tellement habitée, que pendant 400 années il y eut un commerce assez animé entre l'île et la terre ferme. Tout-à-coup les glaces du Nord se sont avancées (tout singulier qu'un tel phénomène puisse paraître), et ont empêché depuis ce temps l'accès de cette côte (1).

Les limites actuelles de ces glaces sont les suivantes :

---

(1) On a révoqué en doute depuis long-temps que l'ancien Groenland ait été situé dans la partie orientale de ce continent. On a même quelque raison de croire que les glaces ont constamment empêché l'accès des côtes dans les temps les plus reculés, comme à présent. (*Voyez* Eggers, sur le Groenland perdu).

depuis le promontoire le plus austral du Groenland, la ligne des glaces s'élève vers le nord-est, embrasse l'Islande, et va monter vers l'île Jean-Mayen (latitude 71°, long. 5° ½, O. de Greenw). Elle laisse cette île dans le nord-ouest; mais souvent aussi elle l'enveloppe, puis tourne un peu plus vers l'est, et coupe le méridien de Londres entre 71 et 72 degrés. Ayant atteint 6, 8 ou 10 degrés de longitude, elle tourne tout-à-coup droit vers le nord, et s'élève quelquefois sans interruption jusqu'à 80 degrés de latit.; quelquefois elle ne monte que de 2 ou 3 degrés, et tourne ensuite vers le sud-est et vers l'île des Ours (*Cherry Island*); puis elle se dirige est-sud-est jusqu'à ce qu'elle soit tombée sur la côte de la Nouvelle-Zemble ou de la Sibérie. La baie profonde que la glace forme ainsi au sud-ouest du Spitzberg est le seul endroit par lequel on puisse tenter de s'élever à des latitudes très-boréales. Si quelquefois la glace au fond de cette baie a une consistance assez forte pour empêcher d'avancer vers le Spitzberg, au-delà du 74 ou 75e degré, on dit que la *saison est fermée* (*close season*); dans le cas contraire, que la *saison est ouverte* (*open season*), surtout quand on peut naviguer librement le long du Spitzberg jusqu'au Hackheyts-Headland. Il existe donc un long canal d'eau entre la terre et la glace, dans une saison ouverte, de 20 à 30 lieues de largeur, et qui s'étend jusqu'au 79e ou 80e degré; ce canal se rétrécit toujours de plus en plus en avançant vers le nord, et ses bords tournent enfin pour se combiner avec la partie nord-ouest du Spitzberg. Dans une saison ouverte, la glace continue recommence au promontoire le plus austral du Spitzberg, va descendre à l'île des Ours (*Cherry Island*), puis poursuit son cours vers l'est jusqu'à la

nouvelle Zemble. Cette ligne n'est pas uniforme dans toute sa longueur. On y trouvera fréquemment des baies, même des bras de mer qui auront depuis quelques fathoms jusqu'à plusieurs milles de largeur; mais la seule apparence constante de cette nature est la baie dirigée vers le Spitzberg, qu'on nomme communément *the Whale-fishers Bight*, par laquelle les baleiniers tâchent d'arriver à leurs stations de pêche. La plus grande quantité de baleines se trouve en effet dans le 78 ou 79^e^ degré, quoiqu'on en rencontre depuis le 72 jusqu'au 81^e^ degré. Ces animaux singuliers sont timides et fort innocens; ils se retirent dans les endroits les plus reculés; mais leur lieu de retraite dépend beaucoup de la nourriture qu'ils croient trouver, de la forme de la glace, et de la poursuite de leurs ennemis. C'est pour cela qu'on les trouve quelquefois rassemblés dans un espace fort limité, tandis que dans d'autres circonstances ils sont dispersés sur une surface immense. Quand, dans une saison fermée, la glace s'étend jusqu'aux côtes du Spitzberg, elle ne forme pourtant près de terre qu'une barrière de 20, de 30 ou de 40 lieues de largeur, et l'eau au-delà sert ordinairement de retraite aux baleines. Comme la saison de la pêche est naturellement limitée à trois ou quatre mois, il s'agit de pouvoir passer cette barrière solide aussitôt que possible. On ne pourrait arriver avant le mois d'avril : le froid, le manque de jour, et la trop grande largeur de la glace l'empêcheraient. On ne pourrait rester plus long-temps que jusque vers la fin de juin ou le commencement de juillet, parce qu'alors les baleines disparaissent, et que les brouillards continuels rendent la navigation très-difficile. Pour franchir cette barrière formidable, on se sert de tous les moyens qui sont au pouvoir

des pêcheurs. On entre dans les glaces flottantes à force de voiles; on tâche d'avancer au moyen de cordages; on scie la glace en avant du vaisseau; et s'il est possible de trouver une *veine d'eau*, on se fait jour jusqu'à elle, parce que souvent elle conduit à la retraite des baleines. Malgré tous les obstacles qu'on a à vaincre pour passer cette barrière, on peut néanmoins être sûr qu'en retournant vers la fin de juin, toute la glace sera séparée de la terre, et que la sortie sera entièrement libre. C'est un phénomène bien singulier et bien remarquable, de voir ici une mer ouverte jusqu'au 80e degré, tandis que, dans tout autre méridien, on ne peut monter au-delà du 74°. Peut-être ce phénomène s'explique-t-il encore par le mouvement général de la glace vers le sud-ouest. La terre du Spitzberg doit empêcher en effet que la glace soit remplacée, et laisser l'eau à découvert; tandis que, dans le sud même de cette île, les glaces des baies et des mers de l'est prennent la place de celle qui s'avance.

La température, qui, dans le mois de mai, s'élève quelquefois au-dessus du point de la congélation, fait un changement notable dans la situation des glaces. Elle élargit les fentes du bay-ice, y forme des cavités, diminue son épaisseur, ou fait, comme disent les pêcheurs, que cette glace *pourrit*. Elle se détache alors et obéit à la plus légère impulsion du vent ou des courans. La glace plus épaisse résiste, et par conséquent il se forme des vides, de petits golfes, des rivières qui permettent aux vaisseaux d'y entrer et de s'y mouvoir.

Ce bay-ice, dans cette circonstance, empêche la glace plus épaisse d'exercer une pression trop nuisible sur les vaisseaux; mais, sous tous les autres rapports, elle est

extrêmement redoutée. On peut pénétrer avec assez de vitesse parmi des pièces de glace du poids de 50 à 100 tonnes, quoique très-rapprochées en forme de packs; tandis qu'une surface de bay-ice de peu de pouces d'épaisseur rend le vaisseau, quoique poussé par le même vent, tout-à-fait immobile. Si alors cette glace n'est pas rompue par le poids d'un bateau, il faut se faire un chemin avec des scies; ce qui est une opération bien lente et pénible.

## *Mouvemens des Glaces.*

La glace manifeste toujours une tendance à se séparer, même dans des temps calmes, comme si une force répulsive agissait entre les différentes masses qui la composent. De là vient que quand la *glace pesante* (*heavy-ice*) est séparée, par le dégel, des pièces de bay-ice qui en combinaient les parties, ses blocs sont bientôt dispersés, même dans un calme, et les vaisseaux trouvent un libre passage là où peu d'heures auparavant tous les secours de l'art et du vent ne pouvaient les faire avancer.

Quand, au contraire, un vent violent a ramassé les glaces en *streams* et *patches*, et ouvert un libre passage aux vaisseaux, un ou deux jours de calme suffisent pour répandre de nouveau ces glaces d'une telle manière, qu'elles remplissent chaque ouverture et ne permettent plus qu'une navigation extrêmement pénible et tortueuse.

Il se fait certains changemens dans les glaces les plus denses qui étonnent même ceux qui sont le plus accoutumés à observer leurs mouvemens. Des vaisseaux qui se croyaient immobiles, parce que leur situation par rapport aux glaces qui les entouraient ne changeait point, se

sont trouvés avoir fait en peu d'heures une révolution complète sur eux-mêmes. Deux vaisseaux enfermés non loin l'un de l'autre et immobiles en apparence, s'éloignent de plusieurs lieues dans le courant de deux ou trois jours, sans qu'aucun changement dans les glaces puisse être aperçu; c'est ce qui est arrivé entr'autres, le 7 mai 1798, au Dunder de Londres, commandé par mon père, et au Volunteer de Whilby.

Nous avons déjà insinué que la masse entière des glaces, toute cohérente et étendue qu'elle puisse être, se meut constamment vers le sud-ouest, excepté tout près de la terre, où le flux de la mer, les vents, la résistance des pointes et des îles doivent y apporter quelques modifications; mais on peut rapporter un grand nombre de faits pour prouver que ce mouvement a lieu en pleine mer. Quelques-uns suffiront.

Le vaisseau hollandais la Wilhelmine, dans l'année 1777, avait amarré contre une montagne de glace le 22 de juin, à la station ordinaire de la pêche et en compagnie de toute une flotte de *Whalers*. Le 25, la Wilhelmine se trouva arrêtée (*besed*) et fixée par les glaces. Les matelots travaillèrent pendant huit jours de suite à scier un port dans la montagne, et le vaisseau y fut préservé.

Le 25 de juillet, la glace se rompit, et la Wilhelmine fut traînée vers l'est par des bateaux, pendant quatre jours et avec des peines infinies. Quatre autres vaisseaux la rejoignirent alors; mais ensuite tous furent enveloppés de nouveau par la glace. Quoique sans mouvement apparent, les équipages aperçurent, quelque temps après, la côte du vieux Groenland, à 75 degrés environ. Le 15 août, neuf vaisseaux s'y trouvèrent rassemblés. Le 20, après une hor-

rible tempête qui accumula la glace autour d'eux jusqu'à trente pieds de hauteur, deux des vaisseaux firent naufrage. Quatre autres eurent le même sort peu de jours après. Le 24, on aperçut la côte de l'Islande; on crut alors remarquer quelques mouvemens dans la glace, et on espérait pouvoir échapper. Ce fut en vain: un autre vaisseau se perdit le 7 septembre, et, le 14 du mois, la Wilhelmine elle-même fut écrasée par la chute d'une énorme masse de glace, et si inopinément que les matelots qui étaient dans leur lit, eurent à peine le temps de se sauver à demi nus sur la glace.

Un seul vaisseau leur restait; il avait rassemblé tout ce qui avait survécu de monde des équipages des cinq autres vaisseaux. Dans le commencement d'octobre, on était à 64 degrés de latitude: le 11 de ce mois, la glace ouvrit le vaisseau et le fit couler. Environ trois à quatre cents personnes se trouvèrent, par cet horrible accident, exposées sur la glace à toute la rigueur du climat, et presque sans nourriture et sans vêtemens. Le 30 octobre, ils se divisèrent: la plus grande partie tâcha de gagner le continent; le reste se fixa sur un champ de glace qui les emporta jusque vers Hatenhoeck, où ils suivirent l'exemple de leurs camarades. A-peu-près cent quarante eurent le bonheur d'arriver à travers la terre ferme jusqu'aux colonies danoises, du côté de l'ouest; les autres, au nombre de près de deux cents, périrent.

Il est donc visible que ce vaisseau avait été emporté avec la glace dans une direction sud-ouest, depuis la station ordinaire de la pêche, entre 78 et 80 degrés, jusqu'à la latitude de 62 degrés, et qu'en longitude il était passé depuis quelques degrés vers l'est (de *greenw.*) jusqu'à plus de 30 degrés à l'ouest; et l'on doit remarquer que la glace con-

tinuait toujours encore, quand on la quitta, d'avancer vers le sud.

Dans l'année 1803, la *Henriette de Whilbey* fut entourée et fixée dans la glace par latit. 80°, long. 5° est. La glace emporta le bâtiment avec une vitesse de 10 à 15 milles par jour, jusqu'en vue de la côte du Groenland; là on se trouva dans le plus grand danger d'être écrasé par l'immense pression de la glace. Après être resté ainsi dans une inaction complète pendant sept semaines, on parvint par des mesures convenables, mais extrêmement laborieuses, à se faire jour et à s'échapper. Le bâtiment était alors par 73° ½ en latit. et 9° ouest de long.

### *Effets de la Glace sur la mer et sur l'atmosphère.*

1. *Sur les vents.* La force d'un vent qui passe sur une masse solide, ou sur un champ de glace, est diminuée de beaucoup avant qu'il ait fait quelques milles; de manière qu'une tempête peut faire depuis plusieurs heures de très-grands ravages d'un côté d'un champ avant qu'on s'en aperçoive de l'autre côté. Une tempête en pleine mer n'a que la moitié de sa force pour un vaisseau enveloppé des glaces. Il n'est pas même rare de voir que la glace repousse pour ainsi dire le vent: quand une tempête donne directement contre la glace, on rencontre parfois un vent tout-à-fait contraire vers ses bords; or, ces vents peuvent se contrebalancer à un demi-mille de la glace pendant plusieurs heures de suite.

2. *Sur les vapeurs.* Les vents chauds du sud se refroidissent en arrivant sur les glaces, et laissent tomber une grande partie de leur humidité sous la forme de neige épaisse. Comme la quantité de neige dépend nécessairement de la

différence d'humidité des deux airs qui se rencontrent, il est clair que la plus grande partie doit tomber vers les bords de la glace, et que cette quantité doit diminuer à mesure qu'on s'avance vers l'intérieur. On conçoit donc la raison de l'absence des nuages, de la clarté du ciel, et de la rareté des tempêtes dans les régions boréales complètement enveloppées de glaces polaires.

3. En approchant d'un pack, d'un champ ou de toute autre masse considérable de glace on aperçoit toujours ce qu'on nomme *ice-blinck* si l'horizon est débarrassé de nuages, et dans quelques cas même malgré la présence de nuages très-denses. Cet ice-blinck est une bande d'un blanc éblouissant située dans la partie de l'atmosphère qui touche l'horizon. La raison de ce phénomène est évidemment la suivante : Les rayons de lumière qui touchent la neige dont la surface de la glace est recouverte, sont réfléchis d'abord vers l'air et ensuite vers l'observateur ; mais la lumière qui tombe sur la mer y est absorbée en grande partie, et l'aspect naturel de la portion correspondante de l'atmosphère n'en est pas changé (1). Dans les cas les plus favorables, cette réflexion peut offrir une belle carte de la glace, quoique celle-ci soit encore 20 à 30 milles au-delà des limites de la vue directe. L'ice-blinck, non-seulement fait connaître la forme de la glace, mais l'observateur expérimenté devine d'après son aspect si c'est un *champ* ou un *pack*, et dans ce dernier cas si le pack est ouvert ou solide, comme aussi s'il est composé de *bay* ou de *heavy-ice*. La glace des champs occasionne le *blinck* le plus brillant ; on y remarque une légère teinte de jaune. Celui des packs

---

(1) Ne serait-ce pas plutôt un effet de mirage ?

est plus blanc ; le blinck du bay-ice est grisâtre. La terre couverte de neige forme aussi un blinck qui n'est pas fort différent de celui de la glace des champs.

L'action que la mer et la glace exercent l'une sur l'autre a quelque chose de fort surprenant. Quand la glace, suffisamment solide, est arrangée d'une manière particulière ; elle résiste aux plus grands mouvemens de l'Océan, et peut même si pleinement les détruire, qu'un vaisseau, protégé par elle, n'a rien à craindre de l'effet des vagues. Quelquefois au contraire des champs immenses cèdent au moindre mouvement de la mer, et sont brisés en plusieurs milliers de pièces ; si la glace a peu de semaines elle est détruite avec une vitesse incroyable. La même glace qui a été un obstacle toujours croissant pour les pêcheurs, pendant des semaines entières, est quelquefois totalement dispersée en peu d'heures.

Ceci paraît contraire à ce que nous avons dit plus haut sur la formation ou l'augmentation de la glace dans une mer agitée. Mais il faut observer que le roulement ne fait que briser le *bay-ice*, tandis que sa destruction totale est effectuée par le choc des pièces et par l'influence des *wind-lipper* sur ces morceaux. Les marins nomment *wind-lipper* le premier effet d'un vent sur une eau calme. C'est ce qui se remarque au commencement de toute tempête pour considérable qu'elle doive être. L'huile détruit ces *wind-lipper*. Nous avons vu que la glace nommée *studge*, par un très-grand froid produit le même effet. Ce studge forme des *pancake* si petits et pourtant si forts que la vague ne peut pas les diviser ; or, comme les wind-lipper sont détruits par le studge, les pancake ne peuvent être brisés par eux comme les pièces de bay-ice. Si par con-

séquent il se forme de la glace dans une eau agitée, on remarquera que c'est toujours du studge du côté extérieur de la vague (opposé au vent) et pancake du côté intérieur, et que les pièces sont d'autant plus grandes qu'elles sont plus éloignées de l'arête de la lame.

*Sur la Possibilité d'arriver au pole.*

Henri Hudson, dans sa tentative pour pénétrer vers le pole, en 1607, parvint jusqu'à la latitude de 80°23′. En 1773, le capitaine Phipps s'avança jusqu'à 80°37′. En 1806, la Résolution, commandée par mon père que j'accompagnais en qualité de maître marin (*chief mate*), fut obligée de percer par des efforts incroyables à travers une barrière de glace qui excédait la largeur qu'elle a ordinairement de près de cent milles. Nous trouvâmes après cela une mer libre qui nous permit de nous élever sans difficulté jusqu'à 81° ½ de latitude, c'est-à-dire jusqu'à 170 lieues du pole. Je ne crois pas qu'on soit jamais allé plus au nord. Je suis toutefois d'opinion qu'il ne serait pas impossible d'arriver jusqu'au pole, du moins, en faisant une expédition à travers la glace. La supposition de quelques personnes, que la mer autour du pole est ouverte et sans glace, me paraît trop peu probable pour que je doive m'arrêter à en chercher une explication.

Dans un voyage au pole on aurait à faire 600 milles en allant, et 600 milles en retournant, depuis les derniers promontoires du Spitzberg; on se procurerait des rennes ou des chiens; on les attellerait à des traîneaux extrêmement légers, arrangés en forme de bateaux pour le cas où l'on trouverait des ouvertures dans la glace; les provisions seraient de celles qui prennent le moins de place, telles que

des tablettes de bouillon. On pourrait se servir utilement d'une voile quand la bise serait favorable. Tout ce voyage se ferait en un mois ou six semaines au plus. Les obstacles viendraient : 1° de la neige qui, si elle était molle, empêcherait d'avancer. Il faudrait donc entreprendre la course à la fin d'avril ou au commencement de mai, ou, en général, avant que les grands froids fussent finis.

2°. Des solutions de continuité dans la glace. Mais on a tout lieu de croire qu'on pourrait toujours trouver le moyen de tourner de telles ouvertures.

Les montagnes, si leurs côtés n'étaient pas escarpés, n'empêcheraient pas d'avancer.

Les tempêtes, en été, sont bien rares et peu à craindre dans les régions au-delà des glaces.

Toutes ces difficultés enfin ne seraient pas plus grandes que celles que rencontra le cosaque Alexandre Marcof, lorsque, en 1715, il parcourut avec des traîneaux tirés par des chiens 800 milles sur une glace de packs, ou que celles que tant de marins ont surmontées à la suite de naufrages.

---

## Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 5 *mai* 1817.

M. Poinsot lit un Mémoire intitulé : *Extrait de quelques recherches nouvelles sur l'algèbre et la théorie des nombres.*

MM. Arago, Ampère et Cauchy font un rapport sur un Mémoire de M. Charles Dupin, correspondant, concernant *les routes suivies par la lumière dans les phénomènes de la réflexion.*

L'auteur s'attache à découvrir, par des méthodes purement géométriques, les relations qui existent entre les directions des rayons lumineux incidens et réfléchis. Il commence par établir à ce sujet le principe suivant :

Lorsqu'un faisceau de rayons lumineux est réfléchi par une surface quelconque, *si les rayons incidens sont tous normaux à une surface unique, ils conservent cette même propriété après un nombre quelconque de réflexions.*

Malus avait démontré en partie ce théorême en faisant voir que si les rayons incidens partent tous d'un même point, les rayons obtenus par une première réflexion sont tous normaux à une même surface, et forment par conséquent deux systèmes de surfaces développables qui se coupent à angle droit. Toutefois il croyait que cette propriété n'appartenait plus aux rayons obtenus par une seconde réflexion. Sans indiquer plus précisément la cause de la restriction trop grande que Malus y avait apportée, M. Dupin se contente de dire qu'elle peut être attribuée à une erreur de calcul. Le rapporteur (M. Cauchy) a trouvé que cette erreur provient de ce que l'équation que Malus a donnée, page 18 de son Traité de la *double Réfraction*, et qui exprime que deux systèmes de surfaces développables sont rectangulaires, renferme un facteur du second degré (savoir : $pn+qu+or$) étranger à la question. Lorsqu'on l'en débarrasse, on peut, à l'aide de quelques transformations particulières, lui donner une forme très-simple et qui permet

de reconnaître que si les rayons incidens sont décomposables en deux systèmes de surfaces développables qui se coupent à angles droits, la même propriété appartiendra non-seulement aux rayons réfléchis, mais encore aux rayons réfractés après un nombre quelconque de réflexions ou de réfractions.

Après avoir établi le curieux théorême dont nous avons parlé, M. Dupin discute les propriétés des surfaces qu'il appelle *cyclides* (1). (Par ce nom il entend toute surface qui n'a que des cercles pour lignes de courbure.) Il en fait ensuite des applications à la théorie des surfaces du second degré. Il montre en particulier que, dans la

---

(1) Il prouve entr'autres choses qu'une surface cyclide peut être engendrée de deux manières par une sphère variable de rayon qui se meut en demeurant toujours tangente à trois sphères fixes, et qui, dans ce mouvement, parcourt un espace dont l'enveloppe est la surface même. Il en résulte qu'une surface cyclide étant donnée, on peut toujours trouver deux systèmes de sphères qui touchent cette espèce de surface suivant deux cercles : ces cercles sont les lignes de courbure mêmes de la surface. Les centres des sphères de l'un des systèmes se trouvent sur une ellipse ; les centres des sphères de l'autre système sont sur une hyperbole. Cette ellipse et cette hyperbole sont respectivement situées dans deux plans perpendiculaires, et tellement disposées que les foyers de l'une sont les sommets de l'autre, et réciproquement. C'est encore une observation faite par l'auteur que si d'un point pris sur l'ellipse on mène aux divers points de l'hyperbole des rayons vecteurs, ils formeront un cône droit à base circulaire, et varieront tous en longueur de la même quantité lorsqu'on les passera d'un point de l'ellipse à l'autre.

surface formée par la révolution d'une ellipse ou d'une hyperbole autour de son grand axe, toutes les sections planes vues des foyers de cette ellipse ou de cette hyperbole semblent des cercles. Il en résulte que, dans une telle surface, la courbe que M. Dupin a nommée l'*indicatrice*, c'est-à-dire, la section faite à une très-petite distance du plan tangent en un point quelconque et parallèlement à ce plan, est située sur un cône droit à base circulaire, dont le sommet serait à l'un des foyers, et dont l'angle au sommet serait infiniment aigu, ou, ce qui revient au même, sur un cylindre droit à base circulaire, qui aurait pour axe la droite menée de l'un des foyers au point donné de la surface. Il est aisé d'en conclure que deux diamètres conjugués de l'indicatrice, ou, en d'autres termes, deux tangentes conjuguées de la surface vues de l'un des foyers, semblent se couper à angle droit.

M. Dupin a appliqué ces principes aux phénomènes de la réflexion de la lumière par des surfaces quelconques. Il démontre, par exemple, que si les rayons incidens émanent tous d'un même centre, les surfaces développables formées par les rayons réfléchis couperont la surface du miroir en chaque point suivant deux directions respectivement conjuguées l'une à l'autre. Il discute ensuite facilement les diverses particularités que peut offrir la réflexion d'un faisceau de rayons lumineux autour d'un point donné de la surface d'un miroir de forme quelconque, suivant que l'indicatrice du miroir en ce point est une ellipse ou une hyperbole. Enfin, il donne les moyens de déterminer, soit par l'analyse, soit par la géométrie, les deux directions suivant les-

quelles les rayons réfléchis se rencontrent deux à deux.

Les commissaires ont jugé que ce nouveau Mémoire de M. Dupin est très-digne de l'approbation de l'Académie, et il a été décidé qu'il serait imprimé dans les volumes des *Savans étrangers*.

MM. Thenard et Gay-Lussac font un rapport sur le Mémoire de MM. Edwards et Chevillot concernant le *caméléon minéral*.

Nos lecteurs connaissent déjà le Mémoire. Les commissaires, après avoir assisté à la vérification de toutes les expériences qu'il contient, ont conclu à son insertion dans le *Recueil des Savans étrangers*.

MM. Deschamps et Percy font un rapport sur une note du baron Larrey relative à l'*amputation de la cuisse dans son articulation supérieure*.

Dans une séance précédente, M. Larrey avait fait voir un soldat blessé à la bataille de Mont-Saint-Jean, chez lequel M. Guthrie, chirurgien anglais, avait pratiqué avec succès l'amputation de la cuisse dans l'articulation iléo-fémorale. L'objet de la note de M. Larrey était simplement de revendiquer en sa faveur, et de donner à la chirurgie française la priorité de cette opération, dans le cas seulement des blessures faites par des armes à feu. Ce fut en 1793, à l'armée du Rhin, après le combat d'Altycy dans le Palatinat, que ce chirurgien fit pour la première fois cette opération sur un volontaire du 4me bataillon du Jura.

La section de physique présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place vacante dans son

sein, par la mort de M. Rochon : MM. Fourier, Dulong, Petit, Thillaye, Fresnel, Pouillet et Tremery.

*Séance du lundi 12 mai.*

On procède à l'élection pour la place vacante dans la section de physique. M. Fourier ayant réuni 47 voix sur 50, est nommé.

M. Pelletan fils lit un Mémoire *sur une application de la* camera lucida *de M. Wollaston.* Il est renvoyé à 'examen d'une commission.

M. Tessier lit un Mémoire *sur la durée de la gestation dans différentes espèces.*

On lit des *Remarques sur les trombes*, par M. de France.

M. Roux continue la lecture de son Mémoire *sur l'opération de la cataracte.*

*Séance du lundi 19 mai.*

M. Portal lit un Mémoire *sur le Vomissement*.

M. de Savigny, un Mémoire *sur les Annellides.*

M. de Maizière donne la description d'une machine hydraulique. (Des commissaires l'examineront.)

La Section d'astronomie présente la liste suivante de candidats pour la place vacante par la mort de M. Messier : MM. Mathieu, Puissant, Daussy.

*Séance du lundi 26 mai.*

Le Ministre de l'Intérieur adresse la confirmation accordée par le Roi à la nomination de M. Fourier.

M. Vallot, secrétaire de l'Académie de Dijon, fait pas-

ser un Mémoire sur le *Jeu du solitaire*, qui est renvoyé à l'examen d'une commission.

L'Académie procède, par scrutin, à l'élection d'un membre pour remplir la place vacante dans la section d'astronomie par la mort de M. Messier. M. Mathieu obtient l'unanimité des suffrages.

MM. de Prony et Girard font un Rapport sur *le Balancier hydraulique* de M. Dartigues.

« Si l'on prend dans un cercle vertical et mobile autour de son centre, deux secteurs égaux entre eux, liés solidement au diamètre qui passe par leur milieu, et que l'on fixe à chaque extrémité de ces secteurs, comme sur la gorge d'une poulie, une chaîne d'une longueur déterminée, qui tienne suspendue la tige d'un piston mobile dans un cylindre vertical, on conçoit qu'en chargeant et déchargeant alternativement l'un et l'autre de ces pistons, on leur imprimera un mouvement d'oscillation tel que chacun d'eux parcourra verticalement, en montant et en descendant tour-à-tour, une droite précisément égale au développement de l'arc de cercle décrit par l'extrémité du balancier. Ce mouvement oscillatoire est, comme on voit, absolument le même que celui du balancier des machines à feu. Mais tandis qu'il résulte dans celles-ci de l'action de la vapeur qui est introduite et condensée alternativement dans les cylindres, il est produit, dans la machine de M. Dartigues, par le poids d'une certaine masse d'eau dont on charge tour-à-tour les pistons opposés, et que l'on fait écouler de dessus ces pistons quand ils sont descendus au point le plus bas de leur course.

» Pour cet effet, le balancier hydraulique est soutenu sur son axe de rotation parallèlement à la paroi d'un ré-

servoir d'eau stagnante, et les deux cylindres qui contiennent les pistons sont contigus à cette paroi.

» Il faut imaginer maintenant que cette paroi verticale, commune aux cylindres et au réservoir d'eau stagnante dont il vient d'être fait mention, est échancrée sur une certaine hauteur, à partir du niveau de l'eau, de manière à former au haut de chaque cylindre une ouverture rectangulaire que l'on tient ouverte ou fermée au moyen d'une petite vanne qui se meut dans un plan vertical.

» On conçoit qu'une de ces vannes étant ouverte, il y a communication établie entre le réservoir d'eau stagnante et le cylindre contigu; le piston qui forme le fond du cylindre se trouve ainsi bientôt chargé d'une hauteur d'eau égale à celle qui est comprise depuis le lieu qu'il occupe jusqu'à la surface du réservoir. Qu'alors on referme la vanne, il est clair que la masse d'eau agira sur le piston comme une charge constante en vertu de laquelle il descendrait d'un mouvement uniformément accéléré, si le frottement, l'inertie des parois mobiles de la machine, et les autres résistances qui lui son inhérentes, ne tendaient point à ralentir ce mouvement et à le ramener à l'uniformité.

» Quelle que soit, au surplus, la loi suivant laquelle il s'accélère, tant que le piston reste chargé de la masse entière de l'eau qui est entrée dans le cylindre, il faut imaginer qu'à une certaine profondeur au-dessous du réservoir d'eau stagnante, les parois de ce cylindre sont percées d'un certain nombre d'orifices par lesquels l'eau qu'il contient s'écoule avec plus ou moins de rapidité; de sorte que la charge du piston diminuant à mesure que cet écoulement s'opère, sa force motrice s'évanouirait tout-

à-fait, et le système resterait désormais en repos s'il n'était composé que du premier cylindre et du premier piston que nous avons considérés jusqu'ici.

» Mais tandis que le premier piston est descendu de toute la hauteur de sa course dans le cylindre qui le contient, le *deuxième* piston suspendu à l'autre bras du balancier est remonté de la même quantité. Vers la fin de ce mouvement, une cheville implantée horizontalement dans la tige de ce piston, accroche la queue de la vanne qui ferme l'orifice pratiqué dans la paroi commune du réservoir et du cylindre correspondant; l'eau se met de niveau dans l'un et dans l'autre; la vanne se referme par l'action d'un contre-poids, et le deuxième piston, chargé d'une certaine hauteur d'eau, descend dans ce second cylindre jusqu'à ce que cette charge s'étant écoulée par les orifices pratiqués à la partie inférieure, le premier piston qui, par l'effet d'un mécanisme semblable, se retrouve chargé d'une masse d'eau égale à celle qui l'avait entraîné la première fois, descende à son tour pour remonter ensuite, et ainsi alternativement. »

On voit que la hauteur de la course de chaque piston est nécessairement déterminée par la différence de niveau qui se trouve entre la surface du réservoir supérieur qui fournit l'eau motrice, et celle du réservoir inférieur qui la reçoit à sa sortie des cylindres par lesquels elle est descendue. L'établissement de cette machine exige donc, comme l'établissement de toutes celles qui sont mues par le poids de l'eau, l'existence préalable d'une certaine chute. La question est de savoir quel avantage on peut trouver à l'employer, dans quelques circonstances, préférablement à toute autre. Les commissaires n'avaient pas des données

suffisantes pour juger, sous ce rapport, la machine de M. Dartigues; pour comparer, par exemple, son effet *maximum* à celui d'une roue hydraulique qui dépenserait, sous la même charge, un volume d'eau égal; ils se sont bornés à faire remarquer avec l'auteur que le nouveau balancier est essentiellement propre à produire *le mouvement rectiligne de va et vient*, et que par conséquent on peut économiser par son moyen la quantité de force que l'on est obligé de dépenser pour transformer le mouvement circulaire en mouvement rectiligne, lorsqu'on emploie des roues hydrauliques à la production de ce dernier. Ils examinent ensuite en quoi cette machine diffère des appareils qui semblent le plus s'en rapprocher, et parmi lesquels ils citent une machine de M. Joly de Dijon, qui remonte à l'année 1680, et se trouve décrite dans la collection de l'Académie; celle de M. Amy, avocat au parlement de Provence, et dont on peut voir le dessin dans le tome VII du même Recueil, et enfin, une machine de M. Sargent de *Witehaven* en Angleterre, qui est décrite dans le second volume de la *Mécanique du Dr Gregory*.

Les conclusions sont que le balancier hydraulique de M. Dartigues est un perfectionnement de tous ceux que l'on a construits jusqu'à présent, et mérite l'approbation de l'Académie.

M. de Humboldt commence la lecture de son Mémoire *sur les Lignes isothermes*. (*Voyez*, à la fin du Cahier, l'extrait de ce beau travail.)

## De la Respiration des Tortues.

PAR le Professeur CARRADORI.

( Extrait. ) (1)

LES tortues respirent par les poumons comme beaucoup d'autres animaux à sang froid; mais résistent plus que les autres à la privation de l'air, car elles vivent long-temps dans le vide de Boyle, et dans l'air qui n'est plus respirable.

Quand on plonge des insectes dans l'huile, ils sont étouffés de suite, et ne reviennent plus à la vie, comme cela arrive quand on les a plongés dans l'eau pendant un certain temps et qu'on les en retire ensuite (2). Les grenouilles, qui vivent fort long-temps dans le vide de Boyle et dans l'air irrespirable, meurent en moins d'une heure dans l'huile (3). Les sangsues seules ont la faculté de vivre plusieurs heures sous l'huile (4), comme Morand ainsi que plusieurs savans l'ont observé avant le professeur Carradori, d'où il résulte qu'elles résistent à la privation absolue d'air, puisque l'huile n'en contient pas.

---

(1) *Giornale di Fisica, etc.* IX. 318.

(2) Carradori, sur le retour à la vie des mouches asphyxiées. *Op. sulti. Milan.*

(3) *Ann. Chim.* de Pavie, t. XVII.

(4) De la respiration des sangsues et des lombrics. *Op. sulti. Milan.*

Une tortue de terre, bien grasse, fut mise dans l'huile d'olive très-claire, sous une couche de 6 pouces d'épaisseur : on l'y laissa six heures. Pendant ce temps elle dégagea quelques bulles d'air. On la retira quand on la crut morte et on la plaça à l'air, sur la terre d'un jardin : elle se releva. Au bout de deux jours, on la remit sous l'huile dans le même récipient ; elle y vécut vingt-quatre heures. On la retira de l'huile quand elle parut morte : après l'avoir posée sur la terre dans le jardin, elle vomit beaucoup d'huile ; mais elle ne se releva pas et mourut au bout d'un jour.

On fit l'expérience avec une autre tortue plus petite : au bout de trente-trois heures, elle était encore vivante ; après trente-six heures elle était morte.

Il est surprenant de voir un animal qui respire par les poumons vivre si long-temps dans une privation absolue d'air.

---

## *Sur l'Électricité produite dans les Minéraux, à l'aide de la pression.*

PAR M. HAÜY.

J'AI exposé, dans un article qui fait partie du tome XV des *Annales du Muséum*, les résultats des expériences qui m'ont servi à comparer divers minéraux, relativement à la faculté qu'ils ont de conserver plus ou moins long-

temps l'électricité acquise à l'aide du frottement (1). J'ai découvert récemment une autre manière d'électriser les mêmes corps, dont je ne me serais pas attendu à obtenir des effets si marqués, en employant un moyen en apparence aussi faible que celui qui les a produits. Ce moyen consiste à presser pendant un temps très-court, entre deux doigts, le corps que l'on veut éprouver; on les retire aussitôt en évitant de les faire glisser sur la surface du corps (2), et on présente celui-ci à la petite aiguille métallique mobile sur un pivot, que j'ai décrite dans mon *Traité de Minéralogie* (3), et qui est plus ou moins

---

(1) Dans ce premier travail, après avoir mis les corps qu'il voulait éprouver dans l'état électrique, M. Haüy les plaçait sur un marbre, la face frottée en-dessous; il les prenait ensuite de temps en temps avec les doigts ou avec une pince, et les présentait à l'aiguille de son appareil. Voici les résultats des expériences :

Une topaze taillée, de la variété limpide du Brésil, agissait encore au bout de *trente-deux heures*; dans le *corindon hyalin*, l'*émeraude*, le *spinelle* et d'autres pierres que l'on taille comme objets d'ornemens, la durée de la vertu électrique surpassait en général *cinq* ou *six heures*.

Dans le *diamant* ou le *cristal de roche*, elle était éteinte après *quinze* ou *vingt minutes*.

Les verres colorés ne possèdent aussi que très-faiblement la vertu conservatrice de l'électricité. R.

(2) Si cela arrivait, l'électricité acquise n'en serait que plus forte. Mais le but que je me propose ici est de faire connaître les effets que produit une simple pression sans l'intervention d'aucun autre moyen. (*Note de l'Auteur.*)

(3) Tome I, p. 239.

fortement attirée, suivant le degré de vertu électrique que la pression a communiquée au corps.

Le même effet a lieu, mais d'une manière moins sensible, lorsqu'on presse le corps entre deux morceaux d'étoffe ou de quelque autre matière flexible. Les corps solides, tels que le bois, ne produisent aucune électricité. On doit concevoir que les doigts, en se moulant, pour ainsi dire, sur la surface du corps, en même temps qu'ils la compriment, déterminent un léger déplacement des molécules soumises à leur action, et tandis qu'ensuite on les retire, les mouvemens imperceptibles occasionnés par la tendance des points de contact à reprendre leurs premières positions, produisent un effet analogue à celui du frottement ordinaire.

Le succès des expériences dépend du degré de pureté et de transparence des corps que l'on éprouve. De plus, ces corps ne peuvent guère être pris que parmi ceux qui sont susceptibles d'être réduits, par la division mécanique, en lames dont deux faces au moins, parallèles entr'elles, soient planes et unies. C'est sur ces mêmes faces que l'on fait agir la pression. On peut employer aussi les corps qui se prêtent plus difficilement à la division mécanique lorsqu'ils ont été mis sous la même forme par le travail de l'art. Pour que les expériences fussent comparatives, j'isolais les corps avant de les presser, et, en les laissant dans le même état, je jugeais de la durée de leur vertu électrique. J'ai remarqué que quelques-uns la conservaient très-bien sans le secours de l'isolement, tandis que d'autres la perdaient beaucoup plus vite que dans le cas où ils auraient été isolés, et il y en a même qui ont besoin de l'être pour l'acquérir.

Ayant conçu l'idée d'essayer si une simple pression ne pouvait pas être substituée au frottement pour faire naître la vertu électrique, j'ai été assez heureux pour que la première substance minérale qui se soit offerte à l'expérience fût précisément celle sur laquelle la pression agit avec le plus d'énergie. Cette substance est la chaux carbonatée connue sous le nom de *spath d'Islande*. Une légère pression suffit pour l'électriser d'une manière sensible, et si on la presse un peu fortement, la vertu électrique qu'elle acquiert se conserve pendant un temps plus ou moins considérable.

Parmi tous les corps de cette espèce que j'ai essayés, celui qui a offert jusqu'ici le *maximum*, relativement à la faculté conservatrice de l'électricité, est une lame rhomboïdale dont les deux grandes faces, qui sont des parallélogrammes obliquangles, ont leur grand côté de 25 mill. (environ 11 lignes), et leur petit côté de 20 millimètres (9 lignes), sur une épaisseur de 8 millim. (3 lignes $\frac{1}{2}$). L'électricité que je lui avais communiquée par une simple pression ne s'est éteinte qu'au bout de *onze jours*. Dans les autres rhomboïdes, la durée de la vertu électrique est restée plus ou moins au-dessous de celle que je viens d'indiquer. Plusieurs l'ont conservée pendant trois ou quatre jours, et quelques-uns seulement pendant dix ou douze heures. Les deux surfaces sur lesquelles agit la pression acquièrent à-la-fois l'électricité vitrée ou positive. La même chose a lieu à l'égard de la plupart des autres substances dont je parlerai bientôt.

On a remarqué qu'en général l'humidité de l'atmosphère exerce sur l'électricité dont un corps est chargé,

même en le supposant idioélectrique (1), une influence qui l'affaiblit et en diminue la durée. Le spath d'Islande est, parmi tous les corps que j'ai éprouvés, celui qui résiste le plus à cette influence.

L'électricité acquise par le frottement produit à plus forte raison des effets analogues aux précédens, et j'ai été même surpris de l'extrême sensibilité des rhomboïdes de spath d'Islande pour ce genre d'action. Il suffit souvent d'en prendre un sans attention, et de le présenter immédiatement à l'aiguille d'épreuve pour qu'elle soit attirée. Cet effet provient du léger frottement produit par un doigt qui a un peu glissé sur la surface du rhomboïde, au moment où l'observateur le prenait.

Je vais faire connaître les résultats que m'ont donnés les expériences faites avec quelques autres substances. Mais comme la durée de l'électricité acquise par la pression varie souvent d'un individu à l'autre, et quelquefois dans le même individu éprouvé à plusieurs reprises, je ne puis indiquer cette durée que d'une manière générale, relativement à chaque substance, sans prétendre ici à une précision que le sujet ne comporte pas.

1°. Topaze sans couleur, plusieurs heures;

2°. Chaux fluatée, *id.*;

3°. Talc nacré, *id.* Les effets sont souvent nuls ou peu sensibles lorsque le morceau n'est pas isolé. L'électricité acquise est résineuse.

4°. Mica, une ou deux heures;

5°. Arragonite, environ une heure. Le morceau sou-

(1) On sait qu'il n'y a aucun corps qui possède parfaitement cette propriété.



laquelle l'alumine se dépose, et il est rare qu'on obtienne cette terre très-blanche et dans un grand état de division. Ces difficultés ont empêché jusqu'à présent d'employer l'alumine, et c'est peut-être rendre un service aux arts que d'indiquer un moyen prompt et facile de l'obtenir parfaitement pure et en aussi grande quantité qu'on peut le desirer.

Ce moyen consiste à prendre de l'alun à base d'ammoniaque, que l'on trouve aujourd'hui en abondance dans le commerce : on commence par le calciner pour le dépouiller de son eau de cristallisation, et on le décompose ensuite dans un creuset à une chaleur rouge. L'acide sulfurique et l'ammoniaque se dégagent, et l'alumine seule reste dans le plus grand état de pureté.

Cette terre, ainsi préparée, est très-blanche, douce au toucher et d'une ténuité extrême. Elle se lie bien avec l'eau ; mais elle l'abandonne par une douce chaleur et reprend ses propriétés, comme M. Saussure l'a déjà remarqué. Sa grande division et la dureté de ses molécules pourront la rendre propre à lustrer les métaux ; sa blancheur permettra peut-être aussi de l'employer dans la fabrication des couleurs. G.-L.

---

## *Sur les Lignes isothermes.*

PAR A. DE HUMBOLDT.

(Extrait.)

Le lecteur trouvera, à la fin du Cahier, une carte que nous devons à l'amitié de M. de Humboldt, et dans laquelle il a représenté graphiquement quelques-uns de ses curieux ré-

sultats sur la forme et la situation des *lignes isothermes* ou *d'égale chaleur*. Pour en faciliter l'intelligence, nous y joindrons un extrait succinct du travail que ce célèbre voyageur a inséré dans le volume des *Mémoires d'Arcueil* qui vient de paraître.

L'objet que M. de Humboldt s'est proposé a été de faire connaître, non pas théoriquement, mais d'après les données les plus récentes, la distribution de la chaleur sur le globe. Pour cela, il examine d'abord les diverses méthodes que les physiciens ont succesivement suivies dans la détermination des *températures moyennes*.

La *température moyenne d'un jour*, dans l'acception mathématique de ce terme, est la moyenne des températures correspondantes à tous les instans dont le jour se compose. Si l'on fixait à *une minute* la durée de ces instans, on diviserait par $1440 = 24 \times 60$ la somme des 1440 observations thermométriques faites d'un minuit au minuit suivant, et l'on obtiendrait ainsi le nombre cherché : la somme de tous ces résultats partiels, divisée par 365, donnerait *la température moyenne de l'année*.

Les extrêmes des variations thermométriques, en un jour, étant en général fort rapprochés, on conçoit que les *mêmes degrés de chaleur* appartiendront à un grand nombre d'instans; en sorte que chacun influera sur la moyenne définitive en raison de sa valeur et de sa durée. En se conformant à cette remarque dans le calcul des moyennes, on peut les obtenir avec précision, alors même que les intervalles des observations partielles sont beaucoup plus grands que nous ne venons de le supposer.

M. de Humboldt a discuté, sous ce point de vue, quelques suites d'observations thermométriques faites d'heure en heure et dans différentes saisons, sous l'équateur et à Paris. Il a comparé les moyennes calculées suivant la méthode précédente, c'est-à-dire, en tenant compte de la durée de chaque température partielle à celles que fournissent les procédés les plus généralement usités. Il en est résulté que la demi-somme des températures *maximum* et *minimum* de chaque jour (celles de 2 heures après midi et du lever du soleil) ne diffère généralement que de quelques dixièmes de degré de la moyenne rigoureuse, et peut la remplacer.

En calculant un grand nombre d'observations faites entre les parallèles de 46° à 48°, M. de Humboldt a trouvé que la *seule époque du coucher* du soleil donne une température moyenne qui ne diffère que de quelques dixièmes de degré

de celle qui a été conclue des observations du lever et de deux heures.

Comme il est rare que les voyageurs aient les moyens de réunir, dans chaque lieu, des observations en nombre suffisant pour donner la température moyenne de l'année, il était curieux de rechercher quels mois peuvent la fournir immédiatement. Le tableau suivant montre que, jusqu'à des latitudes très-élevées, les mois d'avril et d'octobre, mais surtout le dernier, jouissent de cette propriété.

| LIEUX. | TEMPÉRATURE MOYENNE | | | LIEUX. | TEMPÉRATURE MOYENNE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | de l'année. | d'octobre. | d'avril. | | de l'année. | d'octobre. | d'avril. |
| Caire...... | 22°,4 | 22°,4 | 25°,5 | Gottingue... | 8°,3 | 8°,4 | 6°,9 |
| Alger...... | 21,0 | 22,3 | 17,0 | Franecker. . | 11,3 | 12,7 | 10,0 |
| Natchez.... | 18,9 | 20,2 | 19,1 | Copenhague. | 7,6 | 9,3 | 5,0 |
| Rome...... | 15,8 | 16,7 | 13,0 | Stockholm. . | 5,7 | 5,8 | 3,6 |
| Milan...... | 13,2 | 14,5 | 13,1 | Christiania. . | 5,9 | 4,0 | 5,9 |
| Cincinnati. . | 12,0 | 12,7 | 13,8 | Upsal...... | 5,4 | 6,3 | 4,3 |
| Philadelphie. | 11,9 | 12,2 | 12,0 | Quebec..... | 5,5 | 6,0 | 4,2 |
| New-Yorck. | 12,1 | 12,5 | 9,5 | Pétersbourg. | 3,8 | 3,9 | 2,8 |
| Pékin...... | 12,6 | 13,0 | 13,9 | Abo....... | 5,2 | 5,0 | 4,9 |
| Bude....... | 10,6 | 11,3 | 9,5 | Drontheim. . | 4,4 | 4,0 | 1,3 |
| Londres.... | 11,0 | 11,3 | 9,9 | Uléo....... | 0,6 | 3,3 | 1,2 |
| Paris....... | 10,6 | 10,7 | 9,0 | Uméo...... | 0,7 | 3,2 | 1,1 |
| Genève..... | 9,6 | 9,6 | 7,6 | Cap-Nord... | 0,0 | 0,0 | —1,0 |
| Dublin..... | 9,2 | 9,3 | 7,4 | Enontekies. . | —2,8 | —2,5 | —3,0 |
| Edimbourg. . | 8,8 | 9,0 | 8,3 | Nain....... | —3,1 | +0,6 | —2,5 |

Les températures moyennes des années sont beaucoup plus égales qu'on ne serait tenté de le supposer d'après le témoignage de nos sens et les produits variables des récoltes. Les oscillations extrêmes atteignent à peine 2° centigrades.

A Paris, de 1803 à 1816 inclusivement, on a trouvé :

+ 10°,6... 11°,1... 9°,7... 11°,9... 10°,8... 10°,3... 10°,5
10°,5... 11°,5... 9°,9... 9°,9... 9°,7... 10°,5... 9°,4.

A Genève, entre 1803 et 1815 inclusivement, on trouve : + 10°,2... 10°,6... 8°,8... 10°,8... 9°,6... 8°,3... 9°,4 10°,6... 10°,9... 8°,8... 9°,2... 9°,0... 10°,0... °.

Les différences entre les moyennes du mois de janvier s'élèvent à 7°; pour le mois d'août, elles atteignent rarement 4°.

*Du Tracé des Lignes isothermes.*

Après avoir indiqué avec précision le sens que l'on doit attacher à l'expression de température moyenne, nous pouvons nous occuper du tracé des *lignes isothermes* ou *d'égale chaleur.* On fera abstraction ici de quelques inflexions, bornées à de petites localités, telles, par exemple, que celles qu'on observe sur les côtes de la Méditerranée, entre Marseille, Gênes, Lucques et Rome. Il sera, un jour, utile de les comprendre dans des cartes détaillées. « L'emploi » des moyens graphiques, dit M. de Humboldt, jettera beau- » coup de jour sur des phénomènes qui sont du plus haut » intérêt pour l'agriculture et pour l'état social des habitans. » Si, au lieu des cartes géographiques, nous ne possédions » que des tables renfermant les coordonnées de latitude, de » longitude et de hauteur, un grand nombre de rapports cu- » rieux qu'offrent les continens dans leur configuration et leurs » inégalités de surface, seraient restés à jamais inconnus. »

Pour tracer les lignes isothermes, il faut chercher les points du globe dont les températures moyennes se rapprochent le plus de 0°, 5°, 10° ou 15°. On reconnaît, au premier abord, si les lignes passent au sud ou au nord de tel ou tel endroit; pour déterminer précisément à combien de distance en latitude, il faut avoir recours aux méthodes ordinaires d'interpolation, c'est-à-dire, à des tables que les observations fournissent, et qui font connaître, pour différens méridiens et au niveau de l'Océan, comment décroît la température moyenne annuelle quand on s'avance du sud au nord.

A 1° de variation dans la température moyenne annuelle, correspondent, dans différentes zones, les changemens de latitude suivans.

| | *Dans le nouv. continent par les longit. 70° à 80° ouest.* | *Dans l'ancien continent, par les longit. 2° à 17° est.* |
|---|---|---|
| Entre 30° et 40° latitude nord. | 1°.24'.... | 2°.30'. |
| 40° et 50°........... | 1°.6'..... | 1°.24'. |
| 50° et 60°........... | 1°.18'.... | 1°.48'. |

D'après ces données, les moyennes les plus précises qu'il ait pu recueillir (on en voit 30 dans le tableau de la page 104), et en ayant égard à la hauteur des lieux où les observations ont été faites, M. de Humboldt trouve que :

*La bande isotherme de* 0° passe 3° 54′ au sud de Nain dans le Labrador ; par le centre de la Laponie ; et 1° au nord d'Uléo par Soliskamsky.

*La bande isotherme de* 5° passe 0°,5 au nord de Quebec ; 1° au nord de Christiania ; 0°,5 au nord d'Upsal ; par Pétersbourg et par Moscou.

*La bande isotherme de* 10° passe par 42° $\frac{3}{4}$ dans les Etats-Unis ; 1° au sud de Dublin ; 0°,5 au nord de Paris ; 1°,5 au sud de Franecker ; 0°,5 au sud de Prague ; 1°,5 au nord de Bude ; 2° $\frac{3}{4}$ au nord de Pékin.

*La bande isotherme de* 15° passe 4°,5 au nord de Natchez ; par Montpellier ; 1° au nord de Rome, et 1°,5 au nord de Nangasacki.

*La bande isotherme de* 20° passe 2°,5 au sud de Natchez ; 50′ au nord de Funchal, et, autant qu'on en peut juger d'après les matériaux que nous avons, par 33°,5 de latitude, sous le méridien de Chypre. (On ne s'est pas servi des températures moyennes d'Alger et du Caire, que les sables environnans ont rendues, à ce qui paraît, de 1° ou 2° trop élevées.)

Il résulte de ces données que les *nœuds* des lignes isothermes, ou leurs intersections avec les parallèles à l'équateur, sont placés comme il suit :

*Bande isoth. de* O. : Long. 94°. O ; latit. 54° 12′ ; — long. 63° 40′ O. ; latit. 53° 15′. — Long. 18° 30′ E. ; latit. 65° 15° ; — Long. 23° E., latit. 66° 20′ ; — long. 56° E. ; latit. 62° 12′. Une branche va le long des côtes sept. par long. 18° E., latit. 70°, long. 23° $\frac{1}{2}$, latit. 71°.

*Bande isoth. de* 5° : Long. 73° 30′ O., lat. 47° 20′. — Long. 5° $\frac{1}{2}$ O., lat. 62°. — Long. 8° $\frac{1}{2}$ E., lat. 61° 15′. — Long. 15° 18′ E., lat. 60° 20′. — Long. 20° E., lat. 59° 37′ ; — long. 35° 12′ E., lat. 57° 45′.

*Bande isoth. de* 10° : Long. 86° 40′ O., lat. 41° 20′. — Long. 73° 30′ O., lat. 42° 45′. — Long. 8° 40′ O., lat. 52° 20′. — Long. 5° O., lat. 51° ; — long. 3° O., lat. 52°. — Long. 0°, lat. 51° ; — long. 12° E., lat. 49° 30′. — Long. 16° 40′ E., lat. 48° 50′. — Long. 114° E., lat. 43° 30′.

*Bande isoth. de* 15° : Long. 93° O., lat. 36°. — Long. 1° E., lat. 43° 30′. — Long. 9° E., lat. 43°. — Long. 127° 30′. E., lat. 34° 15′.

*Bande isoth. de 20°* : Long. 94° O., lat. 29°. — Long. 19° 15′ O., lat. 33° 40′. — Long. 28° E., lat. 33° 30′.

En jetant un coup-d'œil sur la planche, fig. 1re, on voit combien les lignes isothermes diffèrent des parallèles terrestres. Leurs sommets, convexes en Europe, sont presque situés sur le même méridien. A partir de ces points et en marchant vers l'ouest, ces lignes descendent vers l'équateur, auquel elles restent à-peu-près parallèles depuis les côtes atlantiques du Nouveau-Monde jusqu'à l'est du Missisipi et du Missouri; il n'est pas douteux qu'elles ne se relèvent ensuite au-delà des Montagnes Rocheuses sur les côtes opposées de l'Asie, entre les 35° et 55° de latitude. On sait en effet qu'on cultive avec succès l'olivier le long du canal de Santa-Barbara, dans la nouvelle Californie; et qu'à Noutka, presque dans la latitude du Labrador, les plus petites rivières ne gèlent pas avant le mois de janvier.

Le tableau ci-joint prouve d'une manière non moins frappante, qu'en allant de l'Europe vers l'est, les lignes isothermes s'abaissent de nouveau.

| | *Latit.* | *Temp. moy.* | | *Latit.* | *Temp. moyen.* |
|---|---|---|---|---|---|
| Saint-Malo, | 48°.39′. | + 12°,5. | Vienne, | 48°.11′. | + 10,3. |
| Amsterd., | 52.22. | + 11,9. | Varsovie, | 5 .14. | + 9,2. |
| Naples, | 40.50. | + 17,4. | Pékin, | 39 54. | + 12,7. |
| Copenhag., | 55.41. | + 7,6. | Moscou, | 55.45. | + 4,5. |
| Upsal, | 59.51. | + 5,5. | Pétersb., | 59.56. | + 3,8. |

( L'élévation de Pékin est peu considérable. Celle de Moscou est de 300 mètres. )

Il serait inutile d'insister sur les conséquences *générales* qui se déduisent de la première vue de la carte; nous allons seulement rapporter ici quelques résultats que la petitesse de l'échelle ne permet pas de démêler aussi facilement.

A la remarque qu'on avait déjà faite depuis plus d'un siècle, que les températures ne sont pas égales dans toute l'étendue de chaque parallèle terrestre, et qu'en avançant de 70° en longitude à l'est ou à l'ouest du méridien de Paris, le climat est plus froid, on doit ajouter que *les différences entre les températures des lieux situés sous les mêmes parallèles ne sont pas également considérables dans toutes les latitudes*.

| *Latitude.* | *Tempér. moyenne, à l'ouest de l'ancien contin.* | *Temp. moyenne, à l'est du nouveau contin.* | *Différences.* |
|---|---|---|---|
| 30° N. | 21°,4 centi. | 19°,4 centi. | 2°,0 centi. |
| 40°. | 17,3. | 12,5. | 4,8. |
| 50°. | 10,5. | 3,3. | 7,2. |
| 60°. | 4,8. | —4,6. | 9,4. |

On trouvera la loi de décroissement des températures moyennes dans le tableau ci-joint :

| | | |
|---|---|---|
| De 0° à 20 de latit. dans l'anc. contin. | 2°; | dans le nouv. 2°. |
| 20° à 30° | 4°; | — ....... 6°. |
| 30° à 40° | 4°; | — ....... 7°. |
| 40° à 50° | 7°; | — ....... 9°. |
| 50° à 60° | 5°,7; | — ....... 7°,9. |

Dans les deux mondes, la zone dans laquelle le décroissement de la température moyenne est le plus rapide se trouve comprise entre les parallèles de 40° et de 45°. « Cette circonstance, dit M. de Humboldt, doit influer favorablement » sur la civilisation et l'industrie des peuples qui habitent les » pays voisins du parallèle moyen. C'est le point où les ré- » gions des vignes touchent à celles des oliviers et des citron- » niers. Nulle part ailleurs sur le globe, en avançant du » nord au sud, on ne voit accroître plus sensiblement les » températures; nulle part aussi les productions végétales et » les objets variés de l'agriculture ne se succèdent avec plus » de rapidité. Or, une grande différence dans les productions » des pays limitrophes vivifie le commerce et augmente l'in- » dustrie des peuples agriculteurs. »

Le lecteur remarquera aisément que dans la zone torride, au-dessous du parallèle de 30°, les lignes isothermes deviennent peu à peu parallèles entre elles et à l'équateur terrestre, en sorte que l'opinion admise pendant long-temps, que l'ancien monde est plus chaud que le nouveau, même entre les tropiques, n'a aucun fondement.

| | *Temp. moy.* | | *Temp moy.* |
|---|---|---|---|
| Senegambia (l. 14°.40′N.) | 26°,5. | Cumana (lat. 10°.28′N.) | 27°,7. |
| Madras (latit. 13°.5′N.) | 26°,9. | Antilles (lat. 16° N.) | 27°,5. |
| Batavia (latit. 6°.12′S.) | 26°,9. | Vera-Cruz (l. 19°.12′N.) | 25°,6. |
| Manille (latit. 14°.36′N.) | 25°,6. | Havanne (lat. 23°.9′N.) | 25°,6. |

D'après la définition que nous avons donnée des températures moyennes, il est clair qu'une égale quantité de chaleur annuelle peut être, dans divers lieux, très-inégalement répartie entre les différentes saisons. Le tableau suivant montre combien les hivers et les étés diffèrent entre eux sur toutes les lignes isothermes, depuis les 28° et 30° de latitude nord, jusqu'aux parallèles de 55° et 60°. On ne manquera pas de remarquer que dans les deux bandes de l'ancien et du nouveau monde, formant deux systèmes de climats différens, le partage de la chaleur annuelle entre l'hiver et l'été se fait de manière que sur la ligne isotherme de 0°, la différence des deux saisons est presque double de celle que l'on observe sur la ligne isotherme de 20°.

| | | BANDE CISATLANTIQUE. (Long. 3° Oc., et 15° Or.) | | | BANDE TRANSATLANTIQUE. (Long. 60° — 74° Oc.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TEMPÉRATURE moyenne. | | Différence. | TEMPÉRATURE moyenne. | | Différence. |
| | | de l'hiver. | de l'été. | | de l'hiver. | de l'été. | |
| Lig. isoth. de | 20° | 15° | 27° | 12° | 12° | 27° | 15° |
| | 15 | 7 | 23 | 16 | 4 | 26 | 22 |
| | 10 | 2 | 20 | 18 | — 1 | 22 | 23 |
| | 5 | — 4 | 16 | 20 | — 10 | 19 | 29 |
| | 0 | — 10 | 12 | 22 | — 17 | 13 | 30 |

Lorsqu'au lieu de considérer, comme ci-dessus, les températures moyennes des saisons, on prend les températures moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid, l'accroissement des différences est plus grand encore que nous ne venons de le trouver.

Les différences entre les saisons de l'année paraissent liées à la forme des lignes isothermes; elles sont moins grandes près des sommets convexes que dans les sommets concaves, en sorte que la même cause qui relève ces courbes vers les poles tend aussi à égaliser les températures des saisons. La

température moyenne de l'année étant égale au quart de la somme thermométrique des températures hivernales, vernales, estivales et automnales, nous aurons, par exemple, sur une même ligne isotherme de 12° :

Au sommet concave, en Amérique (77° de longit. à l'ouest de Paris) :

$$12^\circ = \frac{0^\circ + 11^\circ,3 + 24^\circ,2 + 12^\circ,5}{4};$$

Près du sommet convexe, en Europe (dans le méridien de Paris) :

$$12^\circ = \frac{+4^\circ,5 + 11^\circ,0 + 20^\circ,2 + 12^\circ,3}{4};$$

Au sommet concave, en Asie (114° de longitude orientale de Paris) :

$$12^\circ = \frac{-4^\circ + 12^\circ,6 + 27^\circ + 12^\circ,4}{4}.$$

Si au lieu de rapporter sur une carte les lignes isothermes, on y traçait les lignes d'égale température hyémale (*lignes isochimènes*), on ne tarderait pas à remarquer qu'elles s'écartent bien plus que les premières des parallèles terrestres. « Dans le système des climats européens, dit M. de Humboldt, » les latitudes géographiques de deux endroits qui ont la » même température annuelle, ne peuvent différer que de » 4° à 5° ; tandis que deux lieux dont la température moyenne » de l'hiver est la même peuvent, en latitude géographique, » différer de 9° à 10° ; plus on avance vers l'est et plus ces » différences s'accroissent rapidement.

» Les lignes d'égal été (*courbes isothères*) suivent une » direction entièrement contraire à celle des courbes iso- » chimènes. Nous trouvons une même température d'été à » Moscou, au centre de la Russie, et vers l'embouchure de la » Loire, malgré la différence de 11° en latitude (1). »

Au lieu de tracer sur la carte tous ces systèmes de courbes dont les entrelacemens multipliés n'offriraient que confusion, on s'est contenté d'ajouter aux lignes isothermes, près de leurs sommets, l'indication des températures moyennes d'été et d'hiver. C'est ainsi qu'en suivant la ligne de 10°, on trouvera marqué en Amérique, à l'ouest de Boston,

(1) Dans les calculs auxquels ce paragraphe se rapporte, on a supposé que l'hiver se compose de la totalité du mois de décembre et des deux mois suivans ; l'été, par suite, a été compté du 1er de juin au dernier jour d'août.

$\left(\frac{-1^\circ}{+23^\circ}\right)$; en Angleterre $\left(\frac{+3^\circ}{+17^\circ}\right)$; en Hongrie $\left(\frac{-0^\circ,5}{+21^\circ}\right)$, et en Chine $\left(\frac{-5^\circ}{+26^\circ}\right)$.

Les détails qui précèdent ne sont relatifs qu'à la distribution de la chaleur à la surface même du globe. On conçoit en effet, que pour trouver sous un parallèle quelconque la température moyenne, 0°, par exemple, il doit suffire de choisir un lieu suffisamment élevé au-dessus de l'horizon. Cette hauteur varierait avec la latitude. La surface qui passerait par les sommets de toutes ces ordonnées verticales s'appellerait la *surface isotherme de* 0°, et son intersection avec le globe serait la ligne isotherme correspondante.

On a représenté, dans la figure 2, les sections faites par un méridien transatlantique dans diverses surfaces isothermes. Les points où ces courbes doivent rencontrer le globe sont connus par les recherches précédentes; leurs points de départ à l'équateur; leurs hauteurs par d'autres latitudes se fondent sur la discussion d'un grand nombre d'observations faites tant sur le dos des Cordillières, entre 10° de latitude australe et 10° degrés de latitude boréale, que dans nos climats.

M. de Humboldt en a déduit les résultats suivans :

| *Hauteur.* | *Zone équatoriale de 0° à 10° de latitude.* | *Zone tempérée de 45° à 47° de latitude.* |
|---|---|---|
| 0 mètres | + 27°,5 | + 12°,0 |
| 974 | + 21,8 | + 5,0 |
| 1949 | + 18,4 | — 0,2 |
| 2923 | + 14,3 | — 4,8 |
| 3900 | + 7,0 | » |
| 4872 | + 1,5 | » |

Dans la figure 2, l'échelle des latitudes est à celle des hauteurs, comme 1 est à 1000.

Le défaut d'espace ne nous permet pas de donner aujourd'hui plus d'étendue à cet article. Dans un des plus prochains cahiers, nous extrairons du même Mémoire les résultats curieux qu'il renferme sur les températures comparatives de ~~la terre et de l'air sous différentes latitudes, et~~ nous y joindrons l'explication physique que M. de Humboldt a donnée du relèvement des lignes isothermes sur les côtes occidentales ~~de l'ancien et du nouveau continent.~~

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 752,70 | + 8,7 | 79 | 752,70 | +11,6 | 66 | 752,64 | +10,5 | 79 | 754,25 | + 7,7 | 82 | +11,6 | + 4,2 | Quelques éclaircies. | N.N.O |
| 2 | 755,29 | + 8,0 | 83 | 755,08 | +10,9 | 64 | 754,56 | +12,7 | 58 | 755,64 | + 7,5 | 87 | +11,2 | + 5,7 | Très-nuageux. | N. |
| 3 | 756,06 | + 8,0 | 79 | 755,19 | +12,0 | 65 | 754,35 | +13,0 | 54 | 754,60 | + 7,0 | 70 | +11,0 | + 5,7 | Nuageux. | N. |
| 4 | 756,69 | +13,7 | 54 | 756,47 | +16,2 | 50 | 756,72 | +17,2 | 49 | 758,95 | +13,2 | 77 | +17,2 | + 4,2 | Nuageux. | O. N. O. |
| 5 | 761,54 | +15,7 | 60 | 761,09 | +18,2 | 51 | 760,40 | +17,8 | 50 | 760,86 | +12,1 | 60 | +18,2 | + 8,7 | Nuageux. | S. O. |
| 6 | 762,08 | +14,4 | 60 | 761,47 | +18,2 | 54 | 761,54 | +19,1 | 49 | 761,82 | +13,7 | 64 | +19,1 | + 6,9 | Beau. | N. E. |
| 7 | 761,55 | +15,5 | 68 | 760,41 | +20,5 | 56 | 757,73 | +23,2 | 46 | 756,75 | +18,9 | 48 | +23,5 | +15,5 | Beau. | N. E. |
| 8 | 755,34 | +21,2 | 48 | 753,84 | +24,2 | 40 | 752,26 | +24,5 | 26 | 751,85 | +14,0 | 54 | +24,5 | +10,2 | Vaporeux. | S. |
| 9 | 750,20 | +21,0 | 62 | 749,51 | +22,7 | 58 | 748,70 | +20,1 | 60 | 749,08 | +11,5 | 89 | +22,7 | +11,5 | Très-nuageux | S. |
| 10 | 748,77 | +10,9 | 83 | 748,25 | +13,1 | 84 | 747,58 | +14,4 | 79 | 746,60 | +10,5 | 91 | +14,4 | + 8,5 | Pluie fine. | O. S. O. |
| 11 | 747,90 | +11,8 | 69 | 749,04 | +11,2 | 74 | 749,71 | +10,9 | 67 | 750,36 | + 8,7 | 81 | +11,2 | + 7,0 | Très-nuageux. | O. |
| 12 | 748,06 | + 8,7 | 84 | 748,11 | +15,5 | 60 | 748,18 | +15,0 | 50 | 749,50 | + 9,5 | 84 | +15,5 | + 9,5 | Nuageux. | S. O. |
| 13 | 755,79 | +12,5 | 58 | 755,73 | +15,5 | 53 | 755,27 | +15,0 | 45 | 752,28 | +10,2 | 64 | +15,5 | + 5,6 | Nuageux. | O. S. O. |
| 14 | 754,04 | +12,2 | 71 | 753,93 | +16,0 | 57 | 753,19 | +16,4 | 53 | 755,30 | + 9,5 | 81 | +16,4 | + 5,5 | Couvert. | S. O. |
| 15 | 755,46 | +14,4 | 65 | 755,45 | +17,5 | 57 | 755,45 | +16,5 | 56 | 757,15 | +10,9 | 70 | +17,5 | + 4,7 | Couvert. | S. O. |
| 16 | 757,20 | +14,3 | 75 | 756,95 | +16,7 | 58 | 756,60 | +16,7 | 53 | 755,02 | +13,2 | 67 | +16,8 | + 7,0 | Couvert. | E. N. E. |
| 17 | 724,77 | +15,5 | 60 | 754,63 | +19,7 | 48 | 753,98 | +20,2 | 47 | 752,64 | +14,6 | 74 | +20,2 | + 9,2 | Superbe. | N. E. |
| 18 | 747,72 | +15,4 | 90 | 747,06 | +20,0 | 82 | 745,20 | +22,6 | 74 | 744,88 | +16,3 | 87 | +22,6 | +11,7 | Pluie. | S. E. |
| 19 | 744,56 | +14,4 | 93 | 743,84 | +18,5 | 83 | 744,50 | +18,2 | 65 | 745,52 | +12,7 | 92 | +18,2 | +12,7 | Nuageux. | E. S. E. |
| 20 | 745,86 | +17,5 | 64 | 745,76 | +21,0 | 66 | 744,24 | +18,4 | 67 | 744,19 | +11,7 | 88 | +21,0 | + 9,7 | Très-nuageux. | S. |
| 21 | 749,77 | +13,7 | 63 | 749,25 | +17,6 | 62 | 748,92 | +10,6 | 82 | 747,76 | + 9,3 | 89 | +17,6 | + 7,7 | Quelques éclaircies. | S. O. |
| 22 | 748,06 | +12,5 | 74 | 747,46 | +15,1 | 63 | 747,42 | +14,5 | 59 | 748,55 | + 9,8 | 81 | +15,1 | + 7,5 | Très-nuageux. | S. O. |
| 23 | 748,02 | +12,7 | 61 | 746,98 | +18,2 | 55 | 745,29 | +17,2 | 52 | 744,36 | + 9,7 | 82 | +18,2 | + 4,7 | Très-nuageux. | S. |
| 24 | 746,51 | +12,7 | 73 | 746,97 | +17,1 | 62 | 746,56 | +15,2 | 58 | 745,77 | + 9,6 | 79 | +17,1 | + 7,6 | Très-nuageux. | N. N. O. |
| 25 | 741,61 | +10,5 | 89 | 740,67 | +14,7 | 80 | 739,48 | +16,2 | 76 | 739,40 | +10,6 | 90 | +16,2 | + 8,7 | Couvert. | S. E. |
| 26 | 740,78 | +14,7 | 76 | 741,26 | +13,7 | 73 | 741,62 | +15,2 | 72 | 742,38 | + 9,2 | 88 | +15,3 | + 8,7 | Pluie. | S. |
| 27 | 746,32 | +15,2 | 69 | 747,31 | +17,6 | 64 | 747,40 | +16,2 | 61 | 749,40 | + 9,8 | 80 | +17,6 | + 8,7 | Quelques éclaircies. | S. S. O. |
| 28 | 750,60 | +11,1 | 84 | 750,47 | +13,5 | 70 | 749,92 | +15,0 | 68 | 750,47 | +11,5 | 90 | +15,1 | + 5,7 | Petite pluie. | S. S. O. |
| 29 | 750,30 | +14,5 | 74 | 749,71 | +17,0 | 58 | 749,37 | +16,2 | 58 | 750,20 | +11,2 | 88 | +17,0 | + 9,4 | Couvert. | O. |
| 30 | 753,16 | +10,2 | 87 | 753,42 | +12,5 | 76 | 754,05 | +13,4 | 60 | 755,58 | + 9,4 | 71 | +14,0 | + 8,7 | Couvert. | N. O. |
| 31 | 755,42 | + 9,1 | 62 | 755,08 | +13,4 | 52 | 754,44 | +12,6 | 49 | 753,72 | +10,3 | 65 | +13,4 | + 6,5 | Couvert. | N. O. |
| 1 | 756,02 | +13,7 | 68 | 755,40 | +16,8 | 59 | 754,65 | +17,2 | 55 | 755,05 | +11,6 | 72 | +17,5 | + 8,1 | Moyennes du 1 au 10. | |
| 2 | 751,14 | +13,7 | 73 | 751,05 | +17,2 | 64 | 750,63 | +17,0 | 58 | 750,68 | +11,7 | 79 | +17,5 | + 8,3 | Moyennes du 11 au 20. | |
| 3 | 748,23 | +12,4 | 74 | 748,05 | +15,5 | 65 | 747,68 | +14,8 | 63 | 747,98 | +10,0 | 82 | +16,0 | + 7,6 | Moyennes du 21 au 31. | |
| | 751,68 | +13,2 | 71 | 751,37 | +16,4 | 63 | 750,88 | +16,3 | 59 | 751,13 | +11,1 | 78 | +17,0 | + 8,0 | Moyennes du mois | +12,4. |

# RÉSULTAT

*Des Expériences faites, par ordre de Son Excellence le Maréchal Duc de Feltre, Ministre de la Guerre, sur les Alliages de cuivre, d'étain, de zinc et de fer, considérés sous le rapport de la fabrication des bouches à feu, et autres objets semblables.*

PAR M. DUSSAUSSOY,

Chef de Bataillon au Corps royal de l'Artillerie.

EN m'occupant des expériences qui font le sujet du présent Rapport, mon intention n'était pas de les rendre publiques, ni de les diriger sous d'autres points de vue que ceux qui pouvaient intéresser le corps auquel j'ai l'honneur d'appartenir; mais ayant été invité à généraliser ces expériences et à publier le résultat auquel elles avaient donné lieu, j'ai cru devoir me prêter à ce desir, et exposer d'une manière succincte ce que j'ai été chargé de faire sur une partie du service de l'artillerie qu'il importe essentiellement d'améliorer. Je m'estimerai heureux si ce travail, fait particulièrement dans le but d'utiliser les vieux bronzes, pouvait conduire par la suite à des résultats satisfaisans et être de quelque utilité pour les arts.

Une expérience ayant souvent conduit à une autre, et donné la facilité d'en faire plusieurs en même temps sur des sujets étrangers à ceux dont on devait s'occuper, on

a cru devoir profiter de cette occasion pour éclairer quelques points encore assez obscurs de la théorie des fontes, ou confirmer ce qui aurait déjà pu être dit à cet égard, afin d'aider, dans la suite, ceux qui, par goût ou par devoir, auraient à s'occuper d'expériences semblables. C'est plus dans cette intention que l'on fait connaître ces expériences, que dans celle d'engager à adopter des méthodes qui peuvent présenter des avantages dans plusieurs cas, mais qui n'ont cependant pas encore passé par toutes les circonstances qui accompagnent ordinairement un grand cours de fabrication.

### *Des Alliages en général.*

On est encore peu d'accord sur le degré de chaleur le plus convenable et sur les meilleures proportions à observer dans l'alliage des bouches à feu pour en obtenir le *maximum* de résistance. Mais, comme on le verra plus loin, ce *maximum* dépend du concours de trop de conditions dans le système actuel des fontes, pour espérer de pouvoir l'obtenir d'une manière constante, au moins tant qu'on ne cherchera pas à connaître mieux la nature et le degré de pureté des métaux employés.

### *Des Alliages ternaires.*

De nombreuses expériences faites en 1786 à Douai, ayant fait voir que le prompt dépérissement d'une pièce de gros calibre avait souvent pour cause la fusion ou les fouilles d'étain qu'un tir soutenu y opérait, on a pensé qu'on parviendrait peut-être à diminuer ces inconvéniens en alliant au bronze actuel un troisième métal qui, en augmentant son infusibilité, pût fixer et solidifier de suite

la fonte après la coulée, en empêcher ainsi la liquation, et rendre la combinaison de l'alliage plus intime et plus résistante qu'auparavant. Le fer et le zinc ayant paru jouir de ces propriétés, y ont été successivement introduits, et l'on verra plus bas la marche qu'on a suivie à cet égard.

On croit devoir observer que c'est en vain qu'on tenterait d'allier directement le fer au cuivre; on ne peut le faire qu'au moyen d'un dissolvant, et ce dissolvant est l'étain. C'est à M. d'Arcet qu'on doit les premiers essais faits à cet égard.

Pour combiner préalablement le fer avec l'étain, on avait, dans la crainte d'oxidation, fait cette opération dans un fourneau à moufle; mais cette méthode ayant paru peu praticable en grand, on a essayé d'introduire le fer dans la fonte à l'état où il se trouve déjà combiné avec 6 à 7 pour 100 d'étain, c'est-à-dire à celui de fer-blanc, et cela a parfaitement réussi.

Dans une première série d'expériences on a cherché à allier :

100 de cuivre. —— 11 d'étain. (Alliage actuel à canon, pour servir de point de comparaison.)

| | | |
|---|---|---|
| 100 —————— | 11 —————— | 1 de fer-blanc. |
| 100 —————— | 11 —————— | 2. |
| 100 —————— | 11 —————— | 3. |
| 100 —————— | 11 —————— | 4. |
| 100 —————— | 11 —————— | 5. |

Dans une seconde série :

| | | |
|---|---|---|
| 100 de cuivre. —— | 12 d'étain. —— | 2 de fer-blanc. |
| 109 —————— | 13 —————— | 3. |
| 100 —————— | 14 —————— | 4. |

Dans une troisième série :

| | | |
|---|---|---|
| 100 de cuivre. | 12 d'étain. | $1\frac{1}{4}$ de fer-blanc. |
| 100 | 13 | $1\frac{1}{2}$. |
| 100 | 14 | $1\frac{3}{4}$. |

Plusieurs de ces alliages ont offert, comme on le verra (tableau n° 1er), assez de tenacité et de dureté, relativement au bronze actuel coulé en sable; mais ayant remarqué que ceux dans lesquels il entrait plus de deux pour cent de fer perdaient de leur qualité, et que souvent ils s'oxidaient assez pour faire craindre que cet inconvénient n'arrivât dans les fourneaux à réverbère, même pour des alliages dans lesquels ce métal entrerait en moindre quantité, on a alors, dans la vue de multiplier les données qui peuvent conduire à la solution du problême, répété à-peu-près les mêmes expériences avec le zinc, et cherché de nouveau à allier,

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1°. | 100 de cuivre. | 11 d'étain. | 2 de zinc. |
| | 100 | 11 | 4. |
| | 100 | 11 | 6. |
| 2°. | 100 | 12 | 4. |
| | 100 | 13 | 6. |
| 3°. | 100 | 11 | 3. |
| | 100 | 12 | 3. |
| | 100 | 13 | 3. |

Quelques-uns de ces alliages coulés en sable et sous de petits échantillons ont, comme ceux *ferrés*, présenté assez de résistance; mais ayant reconnu qu'ils perdaient de leur dureté quand ils contenaient plus de 3 à 4 de zinc pour 100, on a alors éliminé toutes les expériences qui n'a-

vaient pas pour base l'emploi du bronze ordinaire, avec la quantité de fer ou de zinc qui a été jugée la plus avantageuse; et on ne s'est plus, en conséquence, occupé que des trois alliages suivans :

1°. De celui actuel de 100 de cuivre, et de 11 d'étain. (Pour servir de comparaison.)

2°. De ———— 100 de cuivre, 11 d'étain et $1 \frac{1}{4}$ de fer-blanc.

3°. De ———— 100 de cuivre, 11 d'étain et 3 de zinc.

Comme il serait trop long de détailler la manière dont chaque alliage s'est comporté dans les expériences, on s'est borné, vu le peu d'intérêt que le plus grand nombre avaient présenté, à faire connaître dans un tableau particulier (n° 1er) les propriétés que chaque genre de combinaison avait pu offrir, afin de donner une idée générale des avantages et des inconvéniens qui y sont attachés.

*Fusions des Alliages.*

Les expériences suivantes font voir que le degré de fusion doit varier en raison de la nature et de la pureté des métaux employés. On ne doit mettre l'étain que lorsque le cuivre est bien fondu et très-chaud, et le fer ou le zinc, que dix à douze minutes avant de faire la coulée; mais on doit préalablement brasser le bain trois ou quatre fois.

Si l'on ajoutait plus tôt l'étain, le cuivre étant susceptible de divers degrés de saturation pour ce métal, qui varient en raison de la température de l'alliage et du temps

du refroidissement ( expériences *A* et *S* suivantes ), la portion qui ne pourrait être combinée de suite viendrait nager à la surface du bain, où elle s'oxiderait en partie. On a fait cette faute dans quelques fontes qui contenaient, il est vrai, un peu de plomb; et ayant revivifié et analysé les scories qui en provenaient, on les a en effet trouvées composées de près de 18 d'étain, au lieu de 11 sur 111 de bronze.

### *Tenacité.*

Pour déterminer la tenacité des alliages, on a scié, dans les lingots de 20 et 40 livres, de petits parallélipipèdes de 8 lignes en carré de base sur 3 pouces de long, et on les a ensuite cassés au moyen de la machine de M. Rondelet, décrite dans son ouvrage sur l'architecture.

Cette tenacité a été rapportée au nombre 100 pour tous les alliages compris dans les quatre tableaux suivans, de sorte que les rapports qu'ils présentent sont liés entre eux par un même terme de comparaison. Il en est de même relativement à la dureté.

### *Dureté.*

On a pris la dureté en soumettant les petits parallélipipèdes d'essai à l'action d'un poinçon qu'un petit marteau, tombant toujours d'une même hauteur, faisait agir. On a relevé les enfoncemens au moyen d'un compas qui marquait cinq fois leur grandeur.

| Désignation des Alliages. | Numér. des Alliages. | ...s |
|---|---|---|
| Binaire à canon. N° 1. | 1. | serré |
| | — 1 bis | né de souf- ant la got à n voit re est sable. |
| Ternaire ferré n° 2. | 2. | serré |
| | 3. | n peu t. |
| | 4. | ement s. |
| | 5. | z exi- |
| | 6. | t très- és. |
| | 7. | ; elle molé- |
| | 8. | écules n Nu- s souf- |
| | 9. | d'étain appa- édent. |
| | 10. | soyeu- |
| | 11. | n infé- cédent, |
| | 12. | flures. y re- molé- |
| Ternaire zinqué n° 3. | 13. | et sans |
| | 14. | férieure |
| | 15. | férieure précéd. |

1°. Les alli... s en sable, des pr... cet avantage qu'à... i ne donne pas lie...

2°. On ne ... sans lui faire perdr... por- tions convena...

3°. Le déch... zinc qu'on le croit...

## OBSERVATIONS.

Le tableau ci-contre fait voir que c'est l'alliage ternaire n° 2, composé de 100 de cuivre, 11 d'étain et 1 de fer-blanc, qui a donné les meilleurs résultats, et que la tenacité, la dureté, etc. de cette espèce d'alliage décroissent quand on y met plus de 2 p. 100 de fer. Ainsi il existe, dans cette combinaison, un terme de saturation très-rapproché, passé lequel ce métal y devient nuisible. Mais puisqu'il ne peut s'allier au cuivre qu'au moyen d'un dissolvant (l'étain), celui-ci doit nécessairement participer de la nature du fer, et présenter plus d'infusibilité, de dureté et de tenacité que dans l'alliage actuel à canon: ce qui a effectivement lieu pour le coulage en sable, et même pour celui en terre, d'objets de petites dimensions; mais ces avantages disparaissent, presqu'entièrement si l'on agit sur des bronzes neufs très-purs, coulés en terre, et en lingots d'un poids assez considérable.

— Quant aux alliages zinqués n° 3, les expériences 13, 14 et 15 font voir que leur tenacité et leur dureté diminuent à mesure que l'on y fait entrer plus de zinc. Ce qui a déterminé à en fixer les proportions, pour les essais d'alliages à canon, à 3 parties sur 100 de bronze; et l'on a reconnu que cette quantité était suffisante pour empêcher les soufflures, et donner, ainsi que le fer, aux objets coulés en sable, une assez grande supériorité sur ceux coulés de la même manière avec le bronze ordinaire.

— On doit observer que le zinc s'allie d'autant mieux au bronze que l'épaisseur sous laquelle on coule cet alliage ternaire est plus petite. Ainsi, on ne peut pas mettre plus de trois pour cent de zinc dans une pièce d'ouvrage qui aurait plus de 4 pouces d'épaisseur, sans en altérer sensiblement la résistance; tandis qu'on peut aller sans inconvénient jusqu'à 6 à 7 p. 100 pour des pièces qui auraient trois à quatre fois moins d'épaisseur.

— On pense qu'on obtiendrait, en grand, un alliage assez résistant et très-dur en alliant 2 de fer-blanc à 100 de cuivre et 12 d'étain; car on a remarqué qu'une plus forte proportion d'étain permettait d'en employer également une plus grande de fer.

— Le fer diminue bien un peu la fusibilité des bronzes, mais pas assez, l'on croit, pour être un obstacle aux fontes dans les fourneaux à réverbère, quand il n'y entre que pour 1 et demi à 2 pour cent.

— Le déchet est à-peu-près le même pour chaque espèce d'alliage. Il est cependant un peu plus fort dans ceux zinqués que dans les autres; mais il devient plus considérable quand on fond 50 à 60 liv. de matière à-la-fois, parce qu'alors on ne peut charger le creuset que successivement, et après avoir oxidé la surface des morceaux de bronze en les chauffant préalablement au-dessus du fourneau; ce qui demande beaucoup de temps et altère les proportions d'étain contenues dans l'alliage, par la partie de ce métal qui est ensuite employée à revivifier le cuivre oxidé.

N° 2. *différence qui existe, sous le rapport de la résistance,*
1° *degré de fusion exerce sur ses qualités; 3° enfin, celle*
*qu'*, *la dureté, etc.*

| Num et Désign. de Allia | Analyses. A la surface et à 6 pouces de la base. | Au centre et à 6 pouc. de la base. | A la base supérieure, c.-à-d., au jet. |
|---|---|---|---|
| | Cuiv. 98.92 | 00.6• | 100.48 |
| | Etain 12.08 | 10.40 | 10.52 |
| | Cuiv. 99.90 | 100.41 | 100.29 |
| | Etain 11.10 | 10.59 | 10.71 |
| N° Bin à cano 100 de et 11 d' | Cuiv. » | » | » |
| | Etain » | » | » |
| | Cuiv. 100.04 | 100.57 | 100.70 |
| | Etain 10.96 | 10.43 | 10.30 |
| | Cuiv. 100.01 | 100.41 | 100.58 |
| | Etain 10.99 | 10.69 | 10.42 |
| | Cuiv. 100.80 | 101.88 | 101.75 |
| N° id | Etain 10.20 | 9.12 | 9.25 |
| | Cuiv. 100.97 | 102.09 | 102. » |
| | Etain 10.03 | 8.91 | 9. » |
| | Cuiv. 100 » | 100.78 | 95.37 |
| N° idem | Etain 11 » | 10.22 | 15.63 |
| | Cuiv. 99.89 | 100.95 | 92.96 |
| N° | Etain 11.11 | 10.05 | 18.04 |
| Ternair 100 de 11 ét et 1 fer-bl | Cuiv. 99.67 | 100.30 | 99.60 |
| | Etain 11.13 | 10.52 | 11.16 |
| | Fer 1.20 | 1.18 | 1.24 |
| N° Ternair 100 de 11 d'éta 3 de z | Cuiv. 100 » | 100.60 | 97.24 |
| | Etain 11.13 | 10.50 | 13.82 |
| | Zinc 2.87 | 2.90 | 2.94 |

## OBSERVATIONS.

*Nota.* Tous les lingots méplats ont été coulés du même jet que ceux de 40 liv. qui les précèdent immédiatement.

Les analyses ont été faites, savoir :

Pour le bronze ordinaire, sur 111 parties;
Pour l'alliage ternaire ferré, sur 112;
Pour l'alliage zinqué, sur 114.

*A.* — La cassure de ce lingot présente deux alliages très-distincts; l'un, d'un aspect cuivreux et cristallisé, occupe le centre; et l'autre, qui a toutes les apparences du métal de cloches, la circonférence, sur une largeur de 6 lignes environ. L'analyse a en effet démontré qu'il y avait près de deux pour cent de plus d'étain en cette partie qu'au centre.

*B.* — A la base des lingots la cassure est belle, le grain fin et soyeux. Au centre et vers le milieu de la hauteur elle présente déjà de petites réunions d'étain qu'on n'aperçoit pas dans le lingot méplat *B'*.

*C.* — Ce lingot est celui qui a offert le plus de tenacité. Sa cassure est très-belle. Le grain cependant devient, comme dans tous les autres alliages, d'autant moins serré et fin qu'on s'éloigne davantage de la base ou de la surface; de sorte que c'est toujours vers cette dernière partie, et plus encore dans les lingots méplats que dans les autres, où la combinaison de l'alliage paraît être la plus intime et la résistance plus considérable, quoique renfermant, d'après les analyses, un peu plus d'étain. Il est remarquable que les lingots méplats aient offert presqu'autant de tenacité et de dureté, à la moitié de leur hauteur, que les lingots principaux en ont présenté à leur base.

*D.* — La cassure est d'un aspect cuivreux et cristallisé. Le grain ne paraît beau et serré que vers la surface.

*E.* — Cassure très-cuivreuse, ou plutôt oxidée. Les bords seulement présentent un beau grain, sur une largeur de 3 à 4 lignes seulement. Le centre n'est qu'un mélange confus de cuivre et d'oxide; aussi on voit que les proportions d'étain y ont été considérablement altérées.

*F. G.* — Presque tous les lingots coulés en sable ont donné lieu à ce phénomène particulier. Aussitôt qu'on avait rempli les moules, la matière commençait à se tasser et à prendre du retrait; mais, deux à trois minutes après la coulée, elle prenait une direction contraire, et montait souvent de 18 à 24 lignes au-dessus de son premier niveau. Cet effet était en général d'autant plus marqué et produisait d'autant plus de soufflures, de petites taches d'étain et de différence dans la composition de l'alliage, que celui-ci a ait été coulé à un degré de température plus élevé, que le sable des moules avait été plus comprimé, et enfin, que les lingots étaient d'une épaisseur plus considérable. Ces soufflures affectaient ordinairement les lingots de manière à ne laisser intact qu'un petit cône de matière situé vers la base.

Il résulte de ce qui précède qu'un degré de chaleur élevé ne convient pas aux ouvrages moulés en sable, et qu'on devrait proscrire ce moulage des établissemens d'artillerie, quelles que soient la forme et la destination des objets que l'on aurait à fabriquer.

*H.* — Cassure belle; grain assez fin et serré. On n'y remarque aucune soufflure ni réunions d'étain. Ce lingot n'a fait aucun mouvement après la coulée.

*I.* — Cassure un peu inférieure à celle du lingot *H*. La matière a fait un petit mouvement et a monté de 6 lign. environ après la coulée. Aussi il existe quelques soufflures vers le jet et une différence assez remarquable dans la composition de l'alliage en cette partie. On croit que c'est le peu de recuit du moule qui y a donné lieu.

Le déchet des alliages compris dans ce tableau et coulés en lingots de 40 à 60 liv. (y compris les lingots méplats), a été, terme moyen, savoir, pour le n° 1, de 2,1 p. %; pour le n° 2, de 2,0 p. %; et pour le n° 3, de 2,3 p. %. C'est un peu moins que ce qu'on obtient ordinairement dans les fourneaux à réverbère (2,5 p. % environ.)

## *Résumé général.*

Il résulte de toutes les expériences qui précèdent :

1°. Que les alliages ternaires, composés de métal à canon, avec 1 à 1 $\frac{1}{2}$ de fer-blanc pour 100 ou 3 de zinc, donnent, coulés en sable, de meilleurs produits que le bronze ordinaire coulé de la même manière. La propriété que cet alliage ternaire a d'éviter les soufflures et d'augmenter ainsi la résistance des objets coulés en sable, pourrait en rendre l'emploi avantageux dans la fabrication de boîtes de roues, d'écroux de vis de pointages, etc., si l'on ne trouvait pas d'inconvéniens à adopter plusieurs espèces d'alliages dans l'artillerie.

2°. Qu'en employant des métaux neufs très-purs et le moulage en terre, le meilleur alliage, sous le rapport de la ténacité, paraît être celui actuel de 100 de cuivre et 11 d'étain ; et sous celui de la dureté, l'alliage ternaire n° 2, composé des mêmes proportions de cuivre et d'étain, et de 1 $\frac{1}{4}$ de fer-blanc pour 100. Ainsi on voit que ce dernier perd de ses avantages à mesure qu'on le coule en terre, comparativement avec l'autre, en lingots de plus fortes dimensions.

3°. Que cet alliage ternaire présente, en général, assez d'homogénéité dans toutes ses parties. La propriété qu'il a de donner toujours à-peu-près les mêmes résultats pour des degrés assez différens de chaleur, et de se solidifier promptement après la coulée, pourrait le rendre utile dans beaucoup de circonstances, si le coulage plus en grand dans les fourneaux à réverbère ne lui donnait pas plus d'infériorité encore, à l'égard de l'alliage actuel,

qu'il n'en a eu dans le cours des présentes expériences, en passant des lingots de deux livres à ceux d'un poids de quarante livres.

4°. Qu'avec de vieux bronzes d'une pureté ordinaire, l'alliage ternaire ferré paraît avoir un peu plus de résistance que celui ordinaire, et présenter beaucoup plus d'avantage dans le coulage à noyau, à cause du plus d'épaisseur, de dureté et d'infusibilité de ce qu'on nomme vulgairement *croûte métallique*, qui existe toujours d'une manière plus ou moins marquée à la surface des pièces.

5°. Que les alliages ternaires zinqués sont inférieurs aux autres, et qu'ils n'ont de supériorité sur celui ordinaire que dans le cas du coulage en sable, qu'on devrait proscrire des établissemens d'artillerie.

6°. Qu'un degré de chaleur élevé convient aux fontes faites en terre avec des métaux neufs et purs. Qu'un degré de chaleur ordinaire convient à celles faites en sable ou avec de vieux bronzes; et qu'une faible fusion ne convient à aucun alliage, à cause de la liquation à laquelle elle donne lieu, en portant sensiblement plus d'étain à la circonférence des objets qu'au centre. (*Expérience A.*)

7°. Que la combinaison du bronze est d'autant plus intime, qu'il a été coulé, toutes choses égales d'ailleurs, sous de plus faibles dimensions, et par conséquent refroidi plus promptement; ce qui prouve en faveur du coulage à noyau : ce qui en démontre encore plus les avantages, c'est que la tenacité et la dureté sont constamment plus fortes à la surface des lingots qu'au centre.

8°. Que le déchet au creuset est, terme moyen, savoir : pour des fontes de 2 à 4 livres, de 6 à 7 dixièmes

1°. On degré de température élevé, et en masses le moins épaisses po oxidables s'altéreraient.)

2°. On rs des produits d'une qualité très-inférieure à ceux fournis pa

3°. La c proche davantage de la surface, qu'il a été refroidi plus prom

4°. Dan 'au centre.

5°. Les coulés de la même manière.

Ils doiv e suite à la surface après la coulée, et ne plus y permettre

On croit grand nombre de soufflures auxquelles cette méthode donne lieu l'extérieur qu'à l'intérieur, ce mauvais effet n'aurait probablem ir sur le métal, et n'affecteraient plus celui-ci d'une manière si ment justifié cette opinion; on en a rapporté les résultats, et

N° naires de cuivre, d'étain et de fer; et de cuivre, d'étain
naire à canon.

| N Dé A | | Analyses. A la surface et à 6 pouces de la base. | Au centre et à 6 pouc. de la base. | A la base supér. des ling. c.-à-d., au jet. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Cuiv. | 100.04 | 100.57 | 100.79 |
| à 10 et | Etain | 10.96 | 10.43 | 10.30 |
| | Cuiv. | 100.01 | 100.41 | 100.58 |
| | Etain | 10.99 | 10.69 | 10.42 |
| | Cuiv. | 99.64 | 100.09 | 100.15 |
| | Etain | 11.16 | 10.68 | 10.64 |
| | Fer | 1.20 | 1.23 | 1.21 |
| 1 | Cuiv. | 99.66 | 100.30 | 100.19 |
| | Etain | 11.11 | 10.52 | 10.62 |
| | Fer | 1.23 | 1.15 | 1.19 |
| | Cuiv. | 99.76 | 100.06 | 100.15 |
| | Etain | 11.09 | 10.70 | 10.65 |
| | Fer | 1.15 | 1.24 | 1.20 |
| | Cuiv. | 99.98 | 100.47 | 100.44 |
| | Etain | 11.12 | 10.61 | 10.69 |
| | Zinc | 2.90 | 2.92 | 2.87 |
| 1 | Cuiv. | 100.01 | 100.57 | 100.53 |
| | Etain | 11.14 | 10.53 | 10.59 |
| | Zinc | 2.85 | 2.90 | 2.88 |

**OBSERVATIONS.**

*K*, *L*, *M*. — La cassure de l'alliage présente généralement un assez beau grain, et par conséquent une combinaison intime. Du moins les réunions d'étain y sont moins nombreuses et moins apparentes que dans l'alliage binaire actuel de 100 de cuivre et 11 d'étain. Ces qualités sont également plus marquées dans les lingots méplats que dans les autres. Cependant le lingot principal *L* est un des plus beaux qu'on ait obtenus dans le cours de ces expériences, et un de ceux qui ont présenté le plus d'uniformité dans toutes leurs parties; mais on doute, d'après les remarques qu'on a faites, que cet alliage ternaire puisse se comporter aussi avantageusement dans les fourneaux à réverbère qu'il l'a fait au creuset, et qu'il soit en état d'y soutenir, aussi long-temps que le bronze actuel, un grand degré de chaleur sans s'altérer.

— Si l'on rapproche ces résultats de ceux obtenus avec l'alliage binaire à canon, on verra que les alliages ternaires composés de 100 de cuivre, 11 d'étain et d'un et un quart de fer-blanc, perdent de leurs avantages relativement aux premiers, à mesure qu'on se sert de métaux plus purs, et qu'on les coule en lingots d'un poids plus considérable; de sorte qu'ils ne conservent de supériorité que dans le cas du coulage en sable, ou peut-être dans celui où l'on n'emploierait que de vieux métaux. (*Voy.* les expér. *D*, *P*, *Q*.) Ils jouissent cependant d'une propriété assez essentielle, celle d'éviter les soufflures, et de former à la surface des pièces une croûte plus dure, plus épaisse et plus résistante que celle des autres alliages; ce qui pourrait lui donner de l'avantage dans le cas du coulage à noyau.

*N*, *O*, *etc.* — L'alliage ternaire n° 3, composé de 100 de cuivre, 11 d'étain et 3 de zinc, coulé sous de forts échantillons, est loin d'avoir les qualités que promettaient les fontes en petit, 13, 14 et 15 du premier Tableau. La cassure en est assez belle, particulièrement à la base des lingots et à la surface; mais le peu de dureté et de ténacité dont il jouit ne permettent pas de l'employer à la fabrication des canons, à moins qu'il n'acquière, dans les fontes en grand, des propriétés qu'on n'a pu lui découvrir dans celles au creuset. Ainsi donc, et jusqu'à ce que des expériences faites dans les fonderies en aient fait juger autrement, on doit borner l'emploi des alliages ternaires ferrés et zinqués au coulage des menus objets qu'on exécute ordinairement en sable.

— On terminera ces remarques en observant que de très-petites différences dans la pureté des métaux ont paru en apporter de grandes dans leur résistance, et particulièrement dans la manière dont ils se comportaient au feu (un peu de plomb, par exemple, favorise singulièrement l'oxidation); de sorte que l'on ne saurait prendre trop de soin dans l'achat des cuivres, ou dans l'affinage de ceux qu'on destine à la fabrication des bouches à feu.

L'alliage tern ance que l'alliage ternaire n° 3, composé éga-
lement de bron ension, ils sont tous deux préférables; mais
leur supériorité étain, on emploie des métaux neufs très-purs
et le coulage en

Ainsi donc il 'en petit;

2°. Qu'ils n'o

3°. Enfin, qu' neufs, dans la fabrication des bouches à feu,
à cause de sa con able aux effets du tir. Mais jusqu'à ce que des
expériences plus certitude de succès, qu'au coulage de boîtes
de roues, d'écr ule ordinairement en sable, si l'on ne trou-
vait pas d'incon

*1° sur le déchet des fontes au creuset; les proportions selon ...nt sur les qualités d'un même bronze; 2° sur une pièce de 4 ...Tableaux Nos 2 et 3; 3° enfin, sur les divers degrés d'affinité ... fonte.*

| ...ENSITÉ ...oyenne. | POIDS des Fontes. | DÉCHET. Total. | DÉCHET. Pour cent. | ANALYSES d'un échantillon pris à la base. | CARACTÈRES physiques des Cassures. |
|---|---|---|---|---|---|
| 8.565 | onces. 268 | onces. 3.216 | 1.2 | Cuivre 100.27<br>Etain 10.73 | Très-belle, sans soufflures. |
| 8.460 | 236 | 3.776 | 1.6 | Cuivre 100.77<br>Etain 10.23 | Id.; mais un peu plus cuivreuse. Soufflures imperceptibles. |
| 8.386 | 204 | 4.284 | 2.1 | Cuivre 101.85<br>Etain 9.15 | Plus cuivreuse que la précédente. Elle paraît un peu oxidée. |
| 8.478 | 172 | 4.300 | 2.5 | Cuivre 103. »<br>Etain 8. » | Plus oxidée que la précédente; petites soufflures au jet. |
| 8.529 | 140 | 3.644 | 2.6 | Cuivre 103.90<br>Etain 7.10 | Plus oxidée. Idem.; et soufflures plus apparentes. |
| 8.500 | 104 | 2.400 | 3. » | Cuivre 105.49<br>Etain 5.51 | Idem. id. id. Soufflures encore plus apparentes. |
| 8.610 | 32 | » | » | » | Beau grain, sans soufflures, si ce n'est dans la partie supérieure du lingot. |
| 8.800 | 640 | 6.4 | 1. » | Cuivre 99.64<br>Etain 11.10<br>Fer 1.26 | Grain ordinaire parsemé de petites taches d'étain. |
| 8.527 | 634 | 7.608 | 1.2 | Cuivre 100.70<br>Etain 10.14<br>Fer 1.16 | Cassure très-belle; grain fin et serré. |
| 8.444 | 626 | 9.390 | 1.5 | Cuivre 102.00<br>Etain 8.96<br>Fer 1.04 | Id.; mais elle présente quelques molécules d'oxide. |

pour 100, et pour d'autres de 50 à 60 livres, de 2, à 2, 2 aussi pour 100. (On n'obtient généralement que 2 ½ à 3 pour 100 dans les fonderies.)

9°. Qu'on altère sensiblement la qualité des bronzes par des refontes successives qui les oxident; qu'il conviendrait, pour en obtenir toute la résistance que leur degré de pureté peut encore offrir, de les refondre préalablement en contact avec le carbone, afin de revivifier ceux qu'un grand nombre de fusions ou qu'un affinage trop prolongé auraient pu oxider.

10°. Que de petites différences dans la pureté des métaux paraissent en apporter de grandes dans les qualités de l'alliage. Il en est de même relativement au déchet : un peu de plomb, par exemple, paraît l'augmenter beaucoup.

11°. Enfin, que le plomb ne se combine qu'imparfaitement avec le bronze, puisqu'il peut en exister une quantité appréciable à la culasse, sans en trouver de traces à la volée d'une bouche à feu. L'affinité de ce métal pour l'étain pourrait bien aussi augmenter les proportions de ce dernier dans la partie inférieure des pièces ; mais comme on ne peut rien conclure d'une seule expérience, l'on n'en parle ici que pour fixer par la suite l'attention à ce sujet.

*(La suite au prochain Cahier.)*

---

# EXTRAIT *d'un Mémoire de M.* Poisson *sur la Théorie des ondes.*

(Communiqué par l'Auteur.)

LORSQU'ON agite l'eau en un endroit de sa surface, on voit aussitôt se former des *ondes* qui se propagent circulairement autour d'un centre commun, et qui sont dues aux élévations et aux abaissemens successifs du fluide, au-dessus et au-dessous de son niveau naturel. Ce phénomène est un des cas les plus simples du mouvement des fluides, et l'un des premiers qui se présentent aux recherches des géomètres; cependant on n'est point encore parvenu à déterminer, d'une manière satisfaisante, les lois de ces oscillations qu'on a si souvent l'occasion d'observer.

Newton, dans le livre des *Principes* (1), les compare aux oscillations de l'eau dans un syphon renversé; de cette comparaison, il conclut que la vitesse de la propagation des ondes doit être proportionnelle à la racine carrée de leur largeur, et que chaque onde doit parcourir sa largeur entière dans un temps égal à celui des oscillations d'un pendule simple qui aurait pour longueur le double de cette même largeur. On entend ici par *largeur* des ondes l'intervalle compris entre les sommets de deux ondes consécutives, l'une saillante et l'autre tracée en creux à la surface du fluide; il resterait donc à déterminer cet intervalle pour un ébranlement

(1) Livre II, propositions 44, 45 et 46.

nt faits dans l'intérieur de l'âme; et comme
entes; on a été obligé de la casser en
opération sur le tour de la fonderie de
ayant trouvé trop pénible de continuer
les ont fait chauffer dans un fourneau à
nze, paraît en avoir singulièrement altéré

S.

Sur la composition, la tenacité, la dureté, etc. d'une pièce de 4 hors de service.

AU BOURLET, INTÉRIEUREMENT.

iiv. 102,41. = Etain 8,59. = Point de plomb. = Souf. tr.

de la déterminer, comme celles des lingots d'alliage

.............. 77,2.
.............. 8,590.

e des pièces sans qu'il y en ait de traces
ns les précédentes expériences, savoir,
au centre.

T.

Sur l'affinité du cuivre pour l'étain, et l'influence que le refroidissement exerce à cet égard.

il s'établissait souvent vers le jet, deux
, qu'on avait coulé l'alliage en masses
n conséquence cherché à forcer cet effet
'alliage. On a reconnu que la portion de
mon, à la partie supérieure du lingot,
gots méplats présentaient aussi quelque-
roportions d'étain qu'on y ait observées
et on ne les remarque que lorsque le

ant plus grande d'étain, que le refroidis-
comme de l'eau saturée de sel, qui laisse

: des moules peut occasionner dans les qualités d'un lingot de
Tableau.
lus de sa résistance primitive qu'il a été soumis à un plus grand
;ré de chaleur, ou au fourneau de coupelle avec le charbon de bois.
gots de 5ᵉ et 6ᵉ fusions, que, pour utiliser les vieux bronzes et
nviendrait de les refondre préalablement avec du charbon de bois
.ère que plusieurs fusions ou qu'un affinage trop prolongé auraient

ıère à la dernière fusion; et si, pour l'étain, on établit le calcul pour
:st-à-dire, dans la proportion de 1 à 5;
........................... 45 à 160;
........................... 97 à 210;
........................... 104 à 160;
........................... 81 à 260 (anomalie);
........................... 143 à 300.
, prouvent évidemment que le cuivre s'oxide également dans une
›yen de l'étain, comme plusieurs auteurs l'ont avancé; au moins

démontre également que tous les objets coulés en bronze con-
é à l'idée qui règne généralement à cet égard, on va tâcher d'expli-

·ation pour l'étain, qui variaient comme la température à laquelle
ans les proportions de la partie supérieure du lingot *T*, par exem-
d'aggrégation que les molécules similaires exercent entr'elles l'em-
réciproquement. Comme cet effet doit être d'autant plus marqué
lus lent), on voit qu'il doit se former des réunions d'étain d'autant
ment.
i, si l'on y fait bien attention, des réunions de cuivre plus considé-
ıns les autres parties de la pièce. Ceci a pour cause, comme on le
tain. On ne peut pas éviter entièrement ces inconvéniens; mais on

coulage en sable; mais il en résulte des inconvéniens sous le rapport
lent de leurs qualités à chaque refonte qu'on leur fait subir. Il suit
de les refondre préalablement en contact avec le charbon, afin de
›xider. — 3°. On peut trouver des quantités appréciables de plomb
l pour l'étain pourrait bien alors y répartir celui-ci inégalement.
comme la température à laquelle on élève l'alliage et le temps de
soit analogue, peut seul diminuer ces inconvéniens, et donner le

---

, provient en effet de l'oxidation du cuivre; car, ayant refondu depuis, en
n° 7, on a obtenu une tenacité très-supérieure à celle de l'alliage de 1ʳᵉ fusion.
ction que si elles avaient été coulées plein. On pense qu'on pourrait aussi, pour le

ant assez d'inconvéniens, offrir encore de meilleurs résultats; mais il serait néces-

donné de la masse fluide, et à reconnaître s'il demeure constant, ou s'il varie pendant la durée du mouvement; mais en y réfléchissant avec toute l'attention que le nom de Newton commande, on ne trouve pas une analogie suffisante entre ces deux mouvemens de l'eau dont ce grand physicien supposait l'identité; et son hypothèse ne paraît pas assez fondée pour servir de base à une détermination exacte de la vitesse des ondes.

M. Laplace est le premier qui ait cherché à soumettre cette question à une analyse régulière. Cet essai est imprimé à la suite des recherches sur les oscillations de la mer et de l'atmosphère, qui se trouvent dans le volume de l'Académie des Sciences, pour l'année 1776. On y forme les équations différentielles du mouvement des fluides incompressibles et pesans, modifiées par la seule hypothèse que les vitesses et les oscillations des molécules restent toujours assez petites pour qu'on en puisse négliger les produits et les puissances supérieures à la première; supposition permise, et sans laquelle le problême deviendrait si compliqué qu'on ne pourrait en espérer aucune solution. Celle que M. Laplace donne de ces équations convient au cas où le fluide n'a reçu primitivement aucune vitesse, et où il a été dérangé de l'état d'équilibre, en faisant prendre à sa surface, dans toute son étendue, la forme d'une *throchoïde*, c'est-à-dire d'une courbe serpentante, dont l'ordonnée verticale est exprimée par le cosinus d'un arc proportionnel à l'abscisse horizontale. Mais, dans la théorie des ondes, le cas qu'on doit avoir en vue est au contraire celui où la surface fluide n'a été déformée que dans une petite étendue; et la solution dont nous parlons ne saurait s'y

appliquer, lors même que, dans cette étendue, la surface aurait reçu la figure d'une portion de throchoïde.

Environ dix ans après, Lagrange, dans les Mémoires de Berlin, et ensuite dans la Mécanique analytique, traita directement le cas où la profondeur du fluide est supposée très-petite et constante. Il démontre qu'alors la propagation des ondes a lieu suivant les mêmes lois que celle du son ; en sorte que leur vitesse est constante et indépendante de l'ébranlement primitif; et de plus, il la trouve proportionnelle à la racine carrée de la profondeur du fluide, lorsqu'il est contenu dans un canal qui a la même largeur dans toute son étendue. Il suppose ensuite que le mouvement excité à la surface d'un fluide incompressible, d'une profondeur quelconque, ne se transmet sensiblement qu'à de très-petites distances au-dessous de cette surface; d'où il conclut que son analyse donne encore la solution du problême, quelque grande que soit la profondeur du fluide que l'on considère ; de manière que si l'observation faisait connaître la distance à laquelle le mouvement est insensible, la vitesse de la propagation des ondes à la surface serait proportionnelle à la racine carrée de cette distance ; et réciproquement, si cette vitesse est mesurée directement, on en pourra déduire la petite profondeur à laquelle le mouvement parvient. Mais qu'il nous soit permis d'exposer ici quelques observations fort simples, qui prouvent que cette extension donnée à la solution de Lagrange ne peut pas être légitime, et que les choses ne se passent pas ainsi lorsqu'on a égard à la transmission du mouvement dans le sens vertical.

En effet, le mouvement dans ce sens n'est pas brus-

quement interrompu; les vitesses et les oscillations des molécules fluides diminuent à mesure que l'on s'enfonce au-dessous de la surface; et la distance à laquelle on peut les regarder comme insensibles, en admettant même pour un moment qu'elle soit très-petite, n'est pas une quantité déterminée qui puisse entrer, comme on le suppose, dans l'expression de la vitesse à la surface. Pour fixer les idées, supposons la profondeur et les autres dimensions du fluide infinies, ou assez grandes pour qu'elles ne puissent avoir aucune influence sur les lois de son mouvement; supposons aussi que la masse entière n'a reçu primitivement aucune vitesse, et que l'ébranlement a été produit de la manière suivante, qui est la plus facile à se représenter : on plonge dans l'eau, en l'enfonçant très-peu, un corps solide d'une forme connue; on donne au fluide le temps de revenir au repos, puis on retire subitement le corps plongé : il se produit autour de l'endroit qu'il occupait des ondes dont il s'agit de déterminer la propagation. Or, il est évident que la profondeur du fluide ayant disparu, les seules lignes qui soient comprises parmi les données de la question sont les dimensions du corps plongé, et l'espace qu'un corps pesant parcourt dans un temps déterminé; par conséquent l'espace parcouru par chaque onde produite à la surface de l'eau ne peut être qu'une fonction de ces deux sortes de lignes. Si donc la vitesse des ondes est indépendante de l'ébranlement primitif, c'est-à-dire, de la forme et des dimensions du corps plongé, il faudra, d'après le principe de l'homogénéité des quantités, que l'espace qu'elles parcourent dans un temps quelconque soit égal à l'espace parcouru dans le même temps par un corps pesant,

multiplié par une quantité abstraite, indépendante de toute unité de ligne ou de temps : donc alors le mouvement des ondes sera semblable à celui des corps graves, avec une accélération qui sera un certain multiple ou une certaine fraction de l'accélération de la pesanteur. Si, au contraire, le mouvement des ondes est uniforme, il faut, d'après le même principe de l'homogénéité, que leur vitesse dépende de l'ébranlement primitif; de manière que l'espace parcouru dans un temps donné soit une moyenne proportionnelle entre deux lignes, savoir, la ligne décrite dans le même temps par un corps grave, et l'une des dimensions, ou plus généralement une fonction linéaire des dimensions du corps plongé. Il pourrait encore se faire que le mouvement fût uniformément accéléré, et que le coefficient de la vitesse dépendît du rapport qui existe entre ces dimensions : c'est au calcul à décider lequel de ces mouvemens a effectivement lieu ; mais on voit *à priori* qu'ils sont l'un et l'autre également contraires au résultat de la mécanique analytique.

Telles étaient, à ma connaissance, les seules recherches théoriques publiées sur le problême des ondes, lorsque l'Institut le proposa pour sujet du prix de 1816. Long-temps auparavant, je m'étais occupé de cette importante question ; mais ce n'est que dans ces derniers temps que j'en ai obtenu une solution qui m'ait complètement satisfait, sous le rapport de la rigueur et sous celui de la simplicité. La première partie de mon Mémoire a été déposée au bureau de l'Institut avant qu'aucune pièce destinée au concours y fût parvenue; j'en ai fait lecture le 2 octobre 1815, époque de l'expiration

du concours; elle contenait les formules générales en intégrales définies qui renferment implicitement la solution du problème, et, comme conséquence de ces formules, la théorie des ondes qui se propagent d'un mouvement uniformément accéléré. Au mois de décembre suivant, j'ai lu la deuxième partie, ou plutôt un second Mémoire sur le même sujet : celui-ci renfermait la théorie des ondes qui se propagent avec une vitesse constante, lesquelles sont, comme nous le dirons bientôt, les plus sensibles à la surface du fluide, et, pour cette raison, les plus importantes à considérer. Enfin, depuis cette époque, j'ai tâché de perfectionner ces recherches, surtout sous le rapport de la propagation du mouvement dans le sens vertical. Elles sont maintenant livrées à l'impression, et paraîtront dans le premier volume des nouveaux Mémoires de l'Académie des Sciences. Voici l'analyse des principaux résultats qu'elles contiennent, avec une indication succincte de la méthode dont j'ai fait usage.

. La théorie des petites oscillations d'un fluide pesant, incompressible et homogène, est comprise dans trois équations aux différences partielles, linéaires et à coefficiens constans. L'une d'elles appartient à tous les points de la masse fluide, l'autre aux points de la surface seulement, et la troisième aux points contigus au fond sur lequel le fluide repose, lequel fond est supposé, dans mon Mémoire, un plan fixe et horizontal, situé à une distance quelconque au-dessous du niveau. Ces deux dernières équations sont regardées comme nécessaires à la continuité de la masse fluide pendant le mouvement; elles expriment que ce sont constamment les mêmes

molécules qui demeurent à la surface ou qui restent adjacentes au fond du fluide. On satisfait simultanément et de la manière la plus générale aux trois équations du problême par une formule composée d'une infinité d'exponentielles, de sinus et de cosinus, dont les exposans et les arcs sont proportionnels, soit au temps, soit aux coordonnées des molécules; mais on ne peut rien conclure d'une telle série par rapport à la propagation des ondes; pour en découvrir les lois, il a fallu remplacer les séries d'exponentielles par des fonctions arbitraires relatives à l'état initial du fluide, et qui puissent le représenter dans tous les cas : c'est à quoi l'on est parvenu au moyen d'un théorême nouveau sur la transformation des fonctions continues ou discontinues.

De cette manière, on exprime sous forme finie toutes les quantités qui sont à considérer dans le mouvement du fluide, savoir : les vitesses horizontale et verticale d'une molécule située à la surface ou dans l'intérieur du fluide, l'étendue de ses oscillations, la pression qu'elle éprouve pendant le mouvement, et enfin l'équation de la surface à un instant quelconque. Ces diverses quantités sont représentées par des intégrales définies, quadruples lorsque l'on a égard aux deux dimensions horizontales du fluide, et simplement doubles quand on fait abstraction de l'une de ces dimensions, c'est-à-dire, quand on suppose le fluide contenu dans un canal d'une largeur constante, et n'ayant aucun mouvement dans le sens de cette largeur. Dans ce dernier cas, si la profondeur du fluide devient très-petite, et qu'on néglige les puissances de cette quantité supérieure à la première, on retombe exactement sur la solution de Lagrange; en sorte qu'il

est vrai de dire que dans un filet d'eau, les ondes produites d'une manière quelconque se propagent avec une vitesse constante, indépendante du mode d'ébranlement du fluide, et proportionnelle à la racine carrée de son épaisseur verticale.

Il était bon pour la généralité, et même aussi pour la rigueur de l'analyse, de considérer d'abord le cas d'une profondeur quelconque; mais pour se rapprocher des expériences qui se font le plus communément, j'ai ensuite supposé que cette profondeur devenait très-grande, et comme infinie par rapport aux oscillations des molécules. Les formules générales deviennent alors un peu plus simples; on fait subir aux intégrales définies qu'elles renferment diverses transformations qui sont utiles dans la suite du Mémoire, et l'on développe ces formules suivant les puissances, soit positives, soit négatives du temps; développemens qui servent à déterminer les premières et les dernières vitesses des molécules, ce qui fait connaître les lois suivant lesquelles le mouvement commence et finit dans la masse fluide. Il en résulte que dans un fluide incompressible, comme celui que nous considérons, le mouvement produit en un endroit déterminé de la surface se transmet instantanément dans la masse entière, mais de manière que les vitesses des molécules très-éloignées de cet endroit sont d'abord très-petites par rapport à celles des points qui en sont voisins. Cette circonstance met une différence essentielle entre un fluide de cette espèce et un fluide compressible et élastique, dans lequel le mouvement se transmet de proche en proche par une suite de compressions et de dilatations alternatives; elle établit, au contraire, une

analogie remarquable entre la propagation du mouvement dans les fluides incompressibles, et celle de la chaleur dans les corps solides; car on sait, par les formules relatives à cette théorie, que si l'on échauffe en un point une barre métallique, par exemple, la chaleur, à parler rigoureusement, doit atteindre aussitôt les parties les plus éloignées, et y produire des accroissemens de température qui sont, à la vérité, extrêmement petits par rapport à ceux des points voisins du foyer.

Jusqu'ici l'on n'a fait aucune hypothèse particulière sur le mode d'ébranlement du fluide; les formules en intégrales définies qu'on a obtenues conviennent également au cas où le fluide part du repos, et à celui où l'on aurait exercé une percussion quelconque à sa surface; mais pour éviter quelques difficultés que ce second cas présente, j'ai supposé, dans la suite du Mémoire, qu'il n'y avait eu primitivement aucune percussion, et que le mouvement a été produit par l'immersion d'un corps solide, ainsi qu'on l'a expliqué plus haut. Il est nécessaire que ce corps ne soit pas très-enfoncé dans le fluide, de sorte que la flèche du segment plongé doit toujours être assez petite par rapport aux dimensions de la section à *fleur d'eau*; car si cela n'était pas, il serait impossible, à l'origine du mouvement et dans le lieu de l'ébranlement, que les mêmes molécules demeurassent à la surface, comme le suppose une des équations différentielles d'où l'on est parti. De cette manière on peut supposer, sans crainte d'erreur, que la surface du corps solide coïncide, dans toute l'étendue du segment plongé, avec son paraboloïde osculateur au point le plus bas : c'est d'après cette figure du fluide à l'origine du mouvement, et

en supposant les vitesses initiales nulles dans la masse entière, que l'on a déterminé les fonctions arbitraires contenues sous les intégrales définies. Ces intégrales ne peuvent s'obtenir complètement sous formes finies ; mais on trouve facilement des limites de leurs valeurs, qui prouvent que les vitesses des molécules demeurent très-petites pendant toute la durée du mouvement ; ce qui est essentiel à l'exactitude de notre analyse, dans laquelle on a négligé les carrés et les produits de ces quantités.

La formule qui exprime l'ordonnée verticale des points de la surface fluide à un instant quelconque, et qui renferme par conséquent les lois de la propagation des ondes à cette surface, ne présente rien de remarquable relativement aux points voisins de l'ébranlement primitif ; ce n'est qu'en des points dont la distance à cet ébranlement est très-grande par rapport à son étendue, que les ondes se propagent suivant des lois régulières qui méritent d'être déterminées. Pour les exprimer d'une manière claire et exacte, il faut distinguer deux époques dans le mouvement du fluide : la première, lorsque le temps, compté de l'origine de ce mouvement, n'est point encore devenu très-considérable ; et la seconde, quand il est devenu tel que l'expression de l'espace parcouru en vertu de la pesanteur est une quantité très-grande par rapport à la distance des points que l'on considère au lieu de l'ébranlement ; en sorte que le rapport de cet espace à cette distance soit du même ordre de grandeur que celui de cette même distance à la largeur de l'ébranlement primitif.

A la première époque, la vitesse des ondes est indépendante de l'ébranlement primitif ; elles se propagent d'un mouvement uniformément accéléré ; leurs largeurs

croissent proportionnellement au carré du temps ; et leurs hauteurs, c'est-à-dire les ordonnées verticales de leurs sommets, décroissent en raison inverse de ce carré, quand le fluide est resserré dans un canal d'une largeur constante, ou suivant la quatrième puissance du temps, lorsque le fluide est libre de toutes parts. A raison de cet abaissement rapide des sommets, et aussi à cause de l'élargissement des ondes accélérées, qui empêche de les distinguer du niveau du fluide, on conçoit qu'elles doivent être en général très-peu sensibles ; néanmoins j'ai déterminé les valeurs approchées des coefficiens numériques qui entrent dans les expressions des vitesses et des hauteurs des premières ondes de cette espèce. Voici ce que l'on trouve pour la première de toutes, ou pour celle qui a la plus grande vitesse.

En désignant par $z$ l'ordonnée verticale de son sommet, comptée au-dessus du niveau du fluide ; par $A$, le volume du segment dont l'immersion a produit le mouvement ; par $t$, le temps écoulé depuis son origine ; et par $g$, la gravité, on a

$$z = (4,6472)\frac{A}{g^2 t^4},$$

dans le cas où le fluide est libre de toutes parts ; et si l'on appelle $x$ la distance de cette ordonnée au centre de l'ébranlement primitif, on a aussi, dans le même cas,

$$x = (0,3672)\frac{gt^2}{2};$$

en sorte que la vitesse de la première onde accélérée, rapportée à son sommet, est à celle des corps pesans dans le vide, comme 0,3672 est à l'unité.

Si le fluide est contenu dans un canal vertical d'une

largeur constante, et qu'on ne veuille pas que ses molécules prennent aucun mouvement dans le sens de cette largeur, il faudra que le corps plongé soit un cylindre perpendiculaire aux côtés du canal, et qui en occupe la largeur entière; alors, en appelant $A$ l'aire de la section du segment immergé, parallèle à ces côtés, et conservant les autres notations précédentes, on trouve

$$z = (2{,}7583)\,\frac{A}{gt^2},$$

$$x = (0{,}3253)\,\frac{gt^2}{5};$$

d'où il résulte que dans ce second cas, la propagation de la première onde accélérée est un peu moins rapide que dans le premier.

A la seconde époque, ou lorsque la quantité $\frac{1}{2}\,gt^2$ est devenue très-grande par rapport à la distance $x$, les ondes accélérées se changent en d'autres qui se propagent d'un mouvement uniforme, avec une vitesse proportionnelle à la racine carrée de la largeur de l'ébranlement primitif. Les sommets de celles-ci s'abaissent moins rapidement que ceux des premières; leurs hauteurs suivent la raison inverse de la racine carrée ou de la première puissance du temps, selon qu'il s'agit d'un fluide contenu dans un canal, ou d'un fluide libre de toutes parts. Une autre circonstance contribue encore à rendre ces nouvelles ondes beaucoup plus sensibles que les premières. En effet, il existe à la surface du fluide des points dont les oscillations verticales sont nulles, et qui forment des espèces de *nœuds* qui paraissent se mouvoir à cette surface; ces nœuds partagent les ondes en groupes, dont chacun peut être regardé comme une seule onde, *dentelée* dans toute son étendue; chacun des intervalles compris entre les dents saillantes et creuses

qui forment une même onde dentelée, ou la largeur de chacune des dents qui la composent, demeure une quantité constante et très-petite pendant toute la durée du mouvement : or, on conçoit qu'une semblable dentelure doit rendre ces ondes plus apparentes, et leur mouvement à la surface du fluide plus facile à observer. Ainsi, la considération des ondes dentelées est la partie la plus importante du problême qui nous occupe ; leur nombre est infini ; mais la première est la plus considérable, la seconde ensuite, et, à partir de celle-ci, elles décroissent assez rapidement. Les vitesses de ces ondes, rapportées à la dent la plus saillante de chacune d'elles, dépendent d'une équation transcendante qui n'est pas la même pour le cas d'un fluide contenu dans un canal, et pour celui d'un fluide libre de toutes parts. J'ai calculé, dans l'un et l'autre cas, avec une approximation bien suffisante, les plus petites racines de cette équation, qui répondent aux ondes qui vont le plus vite : il suffira, dans cet extrait, de donner le résultat de ce calcul pour la première et la plus considérable de toutes ces ondes, en y joignant l'expression de sa hauteur variable, rapportée, comme la vitesse, à sa dent la plus saillante.

Le fluide se prolongeant indéfiniment en tous sens, supposons que le corps dont l'immersion produit les ondes soit un solide de révolution qui ait son axe vertical ; soit $l$ le rayon de sa section à *fleur d'eau*, ou la demi-largeur de l'ébranlement primitif ; $h$, la flèche du segment plongé ; $t$, le temps écoulé depuis l'origine du mouvement ; $z$, la hauteur de la dent la plus saillante de la première onde, au-dessus du niveau du fluide ; et $g$, la gravité, on trouve

$$z = (1{,}6172)\, h \sqrt{\frac{l}{gt^2}}.$$

Désignant en outre par $x$ la distance de cette dent au centre de l'ébranlement primitif, ou le rayon du cercle qu'elle forme autour de ce centre, on a

$$x = (0{,}3027)\, t \sqrt{gl}.$$

J'ai aussi considéré, dans le Mémoire, le cas où le corps plongé n'est pas un solide de révolution; on y pourra voir les modifications qui en résultent dans la propagation des ondes : la plus importante consiste en ce que les ondes, bien qu'elles soient encore circulaires, n'ont plus la même hauteur pour le même rayon, et ne se propagent plus avec la même vitesse dans toutes les directions, le mouvement étant toujours rapporté au *maximum* de hauteur.

En représentant toujours par $l$ la demi-largeur de l'ébranlement primitif, et conservant de même toutes les autres notations précédentes, on aura pour le cas d'un fluide contenu dans un canal vertical d'une largeur constante :

$$z = (1{,}6\text{[illegible]}63)\, h \sqrt[4]{\frac{l}{gt^2}},$$

$$x = (0{,}3691)\, t \sqrt{gl};$$

et, si l'on compare cette valeur de $x$ à la précédente, on voit que dans ce second cas, la vitesse de la première onde est plus grande d'environ un cinquième que dans le cas des ondes circulaires.

M. Biot a fait autrefois des expériences sur le mouvement des ondes produites par l'immersion de différens solides de révolution, et même par des cônes et des cylindres. Il a reconnu que la vitesse des ondes ne dépend

aucunement de la figure de ces corps, ni de la quantité dont ils sont enfoncés, mais qu'elle varie avec le rayon de la section à *fleur d'eau*, ce qui est conforme à la théorie qu'on vient d'exposer. De plus, M. Biot a conservé la note de quatre expériences dans lesquelles il a mesuré le temps que la première onde emploie à parcourir un espace égal à un mètre. Pour vérifier encore plus cette théorie, j'ai été curieux d'appliquer à ces expériences la formule relative au mouvement de la première onde circulaire : le tableau ci-dessous renferme la comparaison des résultats de ce calcul et de l'observation.

En faisant $x = 1$, dans cette formule, on en déduit

$$t = \frac{3,3036}{\sqrt{gl}};$$

il s'agira donc, pour avoir le temps relatif à chaque expérience, de mettre dans cette expression pour $g$ sa valeur, savoir : $g = 9^{m}, 8088$, et d'y substituer en même temps pour $l$ le rayon de la section à *fleur d'eau* du corps plongé, exprimé en mètres : le temps donné par cette formule se trouvera exprimé en secondes sexagésimales. La première colonne du tableau renferme l'indication de la figure du corps plongé, la seconde contient la valeur de $l$, la troisième le temps observé, et la quatrième le temps calculé.

| CORPS PLONGÉS. | RAYONS de la section à fleur d'eau. | TEMPS observés. | TEMPS calculés. |
|---|---|---|---|
| Sphère d'un rayon égal à $0^m,05$. . . . | $0^m,03$ . . . . . . . . | 5″ | 6″,09 |
| Sphère d'un rayon égal à $0^m,1$ . . . . . | 0,0436. . . . . . . . | 4 | 5,05 |
| Paraboloïde. | 0,2 . . . . . . . . . . | 7 | 7,46 |
| Ellipsoïde dont l'axe vertical est double de l'horizontal . . | 0,015 . . . . . . . . | 8 | 8,61 |

Si l'on fait attention que M. Biot n'a pas donné les fractions de secondes, on verra que la différence entre le temps calculé et le temps observé, qui s'élève à une seconde dans les deux premières expériences, et seulement à une demi-seconde dans les deux dernières, est comprise dans les limites des erreurs que ce genre d'observations peut comporter. On peut aussi observer que les temps observés sont tous quatre moindres que les temps calculés; ce qui vient sans doute de ce que M. Biot aura suivi le mouvement d'un des cercles qui précèdent le plus saillant, auquel se rapportent les temps calculés.

Les ondes alternativement saillantes et creuses dont nous venons de parler sont formées par les oscillations verticales des molécules situées à la surface du fluide. Quoique la durée de ces oscillations n'ait rien de commun avec la propagation des ondes, on pouvait desirer de la connaître, et je l'ai déterminée dans mon Mémoire:

en appelant $t'$ cette durée pour la molécule située à la distance $x$ du centre de l'ébranlement; désignant par $\pi$ le rapport de la circonférence en diamètre, et par $g$, la gravité, on a, au bout d'un temps $t$ quelconque,

$$t'=\frac{2\pi x}{gt}.$$

Si l'on représente par $x'$ la distance comprise entre les projections horizontales des sommets des deux ondes consécutives, l'une saillante et l'autre creuse, on trouve aussi, pour la même distance $x$, et au bout du même temps $t$,

$$x'=\frac{4\pi x^2}{gt^2}.$$

Ces formules conviennent également au cas d'un fluide contenu dans un canal et à celui d'un fluide libre, et elles sont indépendantes du mode d'ébranlement primitif: en les comparant l'une à l'autre, on en déduit

$$t'=\sqrt{\frac{x'}{\pi g}};$$

d'où l'on conclut que la durée des oscillations verticales des points de la surface est toujours égale à celle des oscillations d'un pendule simple qui aurait $\frac{x'}{\pi}$ pour longueur. Suivant Newton, la longueur du pendule synchrone devrait être la moitié de la largeur des ondes, ou égale à $\frac{x'}{2}$; le temps qu'il trouve, et qui serait $\pi\sqrt{\frac{x'}{2g}}$, est donc trop grand dans le rapport de $\sqrt{\pi}$ à $\sqrt{2}$, ou de 1,2248 à l'unité. Il est vrai qu'à la fin de la proposition 46<sup>e</sup>, citée plus haut, il ajoute que de cette manière le temps n'est déterminé qu'approximativement; mais cela n'empêche pas que sa théorie ne soit point applicable au

problème des ondes, et ne doive être rejetée, comme fondée sur une hypothèse qui n'est point admissible.

En mettant dans les valeurs de $t'$ et $x'$ l'expression de $x$ qui se rapporte à la dent la plus saillante de la première onde dentelée, on a

$$t' = (1,9015)\sqrt{\frac{l}{g}},$$
$$x' = (1,1509)\,l,$$

dans le cas où le fluide est libre de toutes parts; et

$$t' = (2,3191)\sqrt{\frac{l}{g}},$$
$$x' = (1,7118)\,l,$$

lorsqu'il est contenu dans un canal vertical d'une largeur constante. Il en résulte donc que les oscillations des molécules qui répondent à cette dent mobile, ainsi que sa largeur, sont des quantités qui demeurent les mêmes pendant toute la durée du mouvement, et qui ne dépendent que de la gravité et de la largeur de l'ébranlement primitif. Il en est de même pour toutes les autres ondes dentelées qui viennent après la première.

Maintenant il nous reste à dire ce qui se trouve dans le Mémoire, relativement à la propagation du mouvement dans le sens vertical. Pour simplifier la question, on s'est borné à considérer la partie du fluide située au-dessous de l'ébranlement primitif; les molécules qui y sont comprises n'ont pas de vitesses horizontales; elles commencent à s'élever verticalement aussitôt qu'on a retiré le corps dont l'immersion produit le mouvement; chacune d'elles atteint une position où sa vitesse est nulle et où elle est un moment stationnaire; elles redescendent

ensuite, et si le fluide est contenu dans un canal, elles ne remontent plus, de manière qu'elles achèvent leur mouvement en descendant. S'il s'agit au contraire d'un fluide libre de toutes parts, chaque molécule atteint en descendant une seconde position où elle est stationnaire; mais elle remonte, et c'est dans cette seconde élévation qu'elle achève son mouvement; ce qui met, comme on voit, une différence singulière entre les deux cas dont il s'agit. Il en résulte que dans le premier cas, les molécules ont deux *maxima* de vitesse, l'un en montant et l'autre en descendant; et que dans le second, elles en ont trois, deux en montant et un en descendant. J'ai déterminé ces différens *maxima*, et les instans auxquels ils ont lieu à une profondeur donnée; le premier est le plus considérable : voici les valeurs numériques qui s'y rapportent.

En conservant aux lettres $A$, $g$ et $t$ les mêmes significations que précédemment; désignant par $y$ la distance d'une molécule au niveau du fluide, et par $V$ sa plus grande vitesse, on a

$$y = (2,2252)\frac{gt^2}{2},$$

$$V = (0,1899)\frac{A\sqrt{g}}{y^2\sqrt{y}},$$

s'il s'agit d'un fluide libre, et

$$y = (1,4081)\frac{gt^2}{2},$$

$$V = (0,2328)\frac{A\sqrt{g}}{y\sqrt{y}},$$

si le fluide est contenu dans un canal.

Ces valeurs de $y$ montrent que le *maximum* de vitesse se propage avec une accélération plus grande que celle de la pesanteur dans le vide; en sorte qu'il doit parvenir très-promptement à de très-grandes profondeurs. Les valeurs de $V$ font voir en même temps que ce *maximum* décroît suivant les puissances $\frac{5}{2}$ ou $\frac{3}{2}$ de la distance au niveau du fluide, selon que le fluide est libre ou contenu dans un canal. Or, ces décroissemens ne sont pas tellement rapides que le mouvement ne puisse encore être très-sensible à d'assez grandes profondeurs; résultat qui suffirait pour détruire l'extension donnée à la solution de Lagrange, citée au commencement de cet article, lors même que nous n'aurions pas prouvé directement que cette solution n'est pas applicable au cas d'un fluide d'une profondeur quelconque.

Cette transmission du mouvement à de grandes profondeurs a été remarquée, ce me semble, pour la première fois par l'ingénieur Brémontier, dans un ouvrage sur le *Mouvement des Ondes*, publié en 1809. A la vérité, les raisonnemens qu'il fait pour établir son opinion sont loin d'être satisfaisans; mais les faits qu'il cite ne permettent pas de douter que le mouvement excité à la surface de l'eau ne se fasse sentir à de grandes distances au-dessous de cette surface. Ainsi, sous ce rapport, comme sous celui de la propagation à la surface, la théorie exposée dans mon Mémoire est conforme à l'expérience; et, en effet, il n'y a, je crois, aucune objection à faire contre l'exactitude de l'analyse dont j'ai fait usage.

Dans un autre Mémoire, je me propose de considérer la réflexion des ondes par des parois latérales et fixes,

et la réflexion du mouvement, dans le sens vertical, par le fond même sur lequel le fluide repose, c'est-à-dire, l'influence que peut avoir sa plus ou moins grande profondeur sur les mouvemens de ses molécules.

---

# NOTE

*Contenant quelques expériences relatives à l'action de l'acide hydrochlorique sur les alliages d'étain et de bismuth.*

PAR M. CHAUDET,

Essayeur provisoire des Monnaies.

LE moyen que j'ai employé dernièrement pour analyser les alliages d'étain et d'antimoine, et déterminer d'une manière précise les quantités respectives dans lesquelles se trouvaient unis ces deux métaux (1), m'a donné l'idée de l'appliquer à quelques autres alliages métalliques binaires. Mais en me livrant à ce nouveau travail, je ne me suis point dissimulé que, quelques fussent ses résultats, il ne pouvait présenter l'intérêt du premier, n'ayant plus à s'exercer que sur des alliages pour lesquels on connaît des moyens d'analyse. Loin cependant de m'arrêter à cette considération, et persuadé

---

(1) *Voyez* les *Annales de Chimie et de Physique*, tome III, page 376.

qu'on ne saurait trop multiplier les ressources de cette partie intéressante et si utile de la science, je n'ai point hésité à l'entreprendre, et j'ai cru devoir le continuer en commençant par les alliages d'étain et de bismuth ; d'abord, parce que la propriété qu'a ce métal de roidir l'étain rend l'emploi de cet alliage très-commun dans les arts, et, en second lieu, parce que son analyse par l'acide nitrique est longue, chargée de manipulations, et offre par conséquent plus d'incertitude dans ses résultats.

J'ai donc commencé mes expériences par déterminer la mesure de l'action de l'acide hydrochlorique sur du bismuth que je me suis procuré dans le commerce. En conséquence, après en avoir mis en poudre assez fine dans un mortier de silex, j'en ai pris 100 parties (ces 100 parties représentaient 5 grammes); je les ai introduites dans un matras avec une certaine quantité d'acide hydrochlorique d'une pesanteur spécifique de 1190. Au bout de vingt-quatre heures de digestion à froid, je filtrai; l'eau distillée employée ayant fait louchir la liqueur dans le filtre, je lavai avec une petite quantité d'acide hydrochlorique faible, et le filtre séché, il s'y trouva 98 parties de bismuth : il y en avait donc eu 2 parties de dissoutes.

Je recommençai cette opération à chaud et en faisant bouillir deux heures et demie; il n'y eut point dégagement sensible de gaz hydrogène ; la liqueur se colora légèrement en jaune ; il y eut 2 parties et demie de bismuth de dissoutes. Ce métal était donc sensiblement plus soluble à chaud qu'à froid.

D'après ce faible degré de solubilité du bismuth dans l'acide hydrochlorique, et surtout d'après les connais-

sances acquises relativement à l'action de cet acide sur les alliages d'étain et d'antimoine, on pouvait croire que des alliages d'étain et de bismuth, soit à parties égales, soit au quart de ce dernier métal, seraient peu attaqués par l'acide hydrochlorique, et que le bismuth, ainsi que l'avait fait l'antimoine, s'opposerait à la dissolution d'une grande partie de l'étain auquel il se trouverait allié.

Je fis alors deux alliages d'étain et de bismuth, le premier à parties égales, et le second contenant 25 parties de bismuth et 75 parties d'étain (1). Les deux petits lingots provenant de ces alliages faits sur 40 grammes se sont brisés sans plier; la cassure du premier était à très-petits grains ayant le brillant métallique, et celle du second d'un gris mat. Ces deux alliages se mirent facilement en poudre sous le marteau. Leur pesanteur spécifique, prise deux fois, et n'ayant présenté de différence que sur la dernière décimale, se trouva être de 8,345 pour le premier, celle de l'eau distillée étant prise pour unité, et de 7,776 pour le second.

*Première Expérience.*

Cent parties du premier alliage à parties égales, mises en poudre fine, furent traitées à chaud par un excès d'acide hydrochlorique. L'action fut assez vive au moment où je mis l'acide, c'est-à-dire même à froid. Après deux heures et demie d'ébullition, et les liqueurs étant froides, je filtrai et trouvai sur le filtre 49 parties de bismuth; il y

(1) L'étain que j'ai employé pour toutes ces expériences se dissolvait complètement dans l'acide hydrochlorique.

en avait donc eu une partie de dissoute, indépendamment des 50 parties d'étain.

*Deuxième Expérience.*

Cent parties du second alliage contenant 25 parties de bismuth et 75 parties d'étain, fortement divisées, furent traitées à chaud par un excès d'acide hydrochlorique. L'action eut également lieu à froid. Après deux heures et demie d'ébullition, et les liqueurs étant froides, je filtrai et trouvai 24 parties de bismuth ; il y en avait donc eu une de dissoute, c'est-à-dire même quantité que dans l'expérience précédente.

Le bismuth ne s'opposait donc point à la dissolution de l'étain, et ce dernier métal, de son côté, et à la proportion de 3 contre 1 de bismuth, ne s'opposait pas non plus à la dissolution d'une petite quantité de bismuth.

Il restait à savoir si, en élevant la proportion de l'étain (1), on n'arriverait point à empêcher complètement

---

(1) Les deux premières expériences ayant été recommencées en ne faisant bouillir qu'une heure seulement, il n'y eut qu'un demi-centième de bismuth de dissous. Il est très-vraisemblable qu'on parviendrait, pour ces deux alliages, à trouver la vérité en diminuant encore le temps de l'ébullition ; mais comme, lorsque la proportion de l'étain est plus considérable, de dix, par exemple, contre une de bismuth, il y a une *surcharge* très-forte en n'employant que le même temps, il fallait nécessairement ramener cette opération à une donnée fixe ; et comme il n'y avait qu'à choisir entre ajouter du bismuth en tenant compte de la quantité ajoutée, ou bien faire l'addition d'une certaine quantité d'étain, j'ai

la dissolution du bismuth ; ce qui était présumable, en raison de l'affinité beaucoup plus grande de l'étain pour l'acide hydrochlorique, lequel en se saturant de ce métal, devait perdre, ainsi que nous avons eu occasion de le remarquer pour les alliages d'étain et d'antimoine, la faculté de dissoudre le bismuth.

Dans le but d'arriver à cette connaissance, je fis l'expérience suivante.

*Troisième Expérience.*

J'alliai sous le charbon 5 parties de bismuth à 125 parties d'étain, ce qui faisait 25 parties de ce métal contre une de bismuth (1). Je refondis une seconde fois, après avoir aplati et coupé l'alliage en plusieurs morceaux afin de le rendre uniforme, et j'obtins un petit culot qui gerça au laminoir, mais que je parvins cependant à laminer sans en altérer le poids. Après l'avoir laminé le plus mince possible, je le divisai en petits fragmens, de manière à pouvoir l'introduire dans un matras ; j'y mis excès d'acide hydrochlorique, et après deux heures et demie d'ébullition, je filtrai ; il se trouva 5 parties de bismuth, c'est-à-dire juste la quantité qui existait dans l'alliage.

Cette opération fut recommencée plusieurs fois, et donna le même résultat. Je remarquai cependant que

---

préféré ce dernier moyen, parce qu'il n'ajoute rien au résultat, donne des alliages ductiles, laminables et plus faciles à diviser.

(1) Je mis de suite cette proportion, parce qu'au-dessous on obtient des alliages très-aigres qu'il est impossible de laminer sans perte.

lorsqu'on n'avait point amené l'alliage à un état de minceur tel que la dissolution de l'étain n'eût pu avoir lieu en deux heures et demie au plus, et qu'elle eût exigé au contraire trois à quatre heures, il y avait alors une légère perte, laquelle ne s'élevait jamais au-dessus d'un demi-centième. Il est donc nécessaire que le départ soit terminé au moins en deux heures et demie, ce qui est facile avec l'acide hydrochlorique à 1190, lorsqu'on a laminé l'alliage de l'épaisseur d'une feuille de papier, et lorsque l'ébullition a été bien soutenue.

On s'aperçoit que l'opération est terminée lorsque le bismuth est complètement en poudre, et lorsque la liqueur, dont la transparence était troublée par un grand nombre de bulles, devient parfaitement claire; l'ébullition dans ce moment s'arrête aussi presque d'elle-même.

D'après ces résultats, il était vraisemblable qu'on retrouverait, au moyen de l'acide hydrochlorique, les plus petites quantité de bismuth allié à l'étain. C'est en effet ce que l'expérience a confirmé; car ayant allié dans deux opérations différentes 100 parties d'étain à une partie de bismuth, et ensuite à ½ de partie, je les ai parfaitement retrouvées.

Il était assez important de savoir jusqu'à quel point ce moyen d'analyse pourrait servir dans le cas où l'alliage d'étain et de bismuth recélerait une certaine quantité de plomb, d'autant que cet alliage ternaire est assez commun dans les arts. J'alliai à cet effet 5 parties de bismuth et 5 parties de plomb pur à 125 parties d'étain, ce qui faisait toujours 25 parties de ce métal contre une de bismuth. J'obtins un petit culot qui n'était pas sensiblement plus aigre que ne l'aurait été un alliage d'étain et de bis-

muth dans cette proportion, mais qui n'aurait point contenu de plomb. J'en opérai le départ, et je retrouvai les 5 parties de bismuth. On pourrait donc, par ce moyen, déterminer les quantités de bismuth qui se trouvent dans l'alliage fusible à l'eau bouillante, en ajoutant la quantité d'étain nécessaire, puisque dans cet alliage triple de bismuth, de plomb et d'étain, la proportion du bismuth y est plus considérable que celle du plomb.

En établissant quelques points de comparaison entre ce travail et celui que j'ai fait sur les alliages d'étain et d'antimoine, on est frappé de la différence des caractères que présentent ces deux alliages; et ces caractères assignent au bismuth et à l'antimoine des propriétés si distinctes, si tranchées, qu'elles seules suffiraient pour les faire reconnaître, si une foule d'autres n'en avaient précédé la connaissance.

Ces nouvelles propriétés appartiennent trop évidemment à l'étude de l'antimoine et à celle du bismuth pour que je ne les rappelle point ici en peu de mots : elles ne peuvent qu'ajouter à l'histoire de ces deux métaux.

Lorsqu'on allie une partie d'antimoine à 3 parties d'étain, on obtient un alliage qui s'aplatit très-bien sous le marteau, quoique se gerçant légèrement.

Lorsqu'on allie une partie de bismuth à 3 parties d'étain, on obtient un alliage qui se brise sous le marteau, et qui s'y met presqu'en poudre.

Enfin, il faut 10 parties d'étain seulement contre une d'antimoine pour obtenir des alliages complètement ductiles, c'est-à-dire se laminant sans gercer; tandis qu'il faut 40 parties d'étain contre une de bismuth pour obtenir les mêmes résultats.

Lorsqu'on traite à chaud, par de l'acide hydrochlorique d'une pesanteur spécifique de 1190, des alliages d'antimoine et d'étain, dans la proportion de parties égales et d'une partie contre trois d'étain, on ne dissout qu'une petite quantité de ce dernier métal, et cette quantité est d'autant plus faible qu'il y avait plus d'antimoine dans l'alliage.

Si on soumet des alliages de bismuth et d'étain, dans les mêmes proportions que les alliages ci-dessus, à l'action du même acide, à la même température et pendant le même temps, on dissout, non-seulement tout l'étain qui s'y trouve contenu, mais encore une petite quantité de bismuth.

Enfin, si aux alliages ductiles d'étain et d'antimoine, on allie une petite quantité de plomb, on rend l'alliage extrêmement aigre ; tandis que la même quantité de plomb dans des alliages ductiles d'étain et de bismuth n'apporte dans la ductilité qu'une différence à peine sensible.

---

## Lettre *de M.* Berzelius *à M.* Gay-Lussac *sur la combinaison de l'oxigène avec le fer, le manganèse et l'étain.*

Stockholm, le 12 avril 1817.

J'ai l'honneur, Monsieur, de vous adresser les observations suivantes au sujet d'un article que vous avez fait imprimer dans les *Annales de Chimie et de Physique*, lequel a pour objet principal de faire voir que je me suis

trompé dans quelques-unes de mes recherches sur divers oxides métalliques.

Vous commencez, Monsieur, par donner les raisons qui vous font croire qu'il existe un oxide de fer intermédiaire entre les oxides déjà connus. En admettant que cet oxide existe et qu'il ne s'écarte pas de la loi des proportions multiples, 100 parties de fer doivent y être combinées avec $29.5 + \frac{29.5}{4} = 36.875$ parties d'oxigène. Vos expériences et celles de M. Despretz ont donné 37.8 à 38, en sorte que l'oxidation y a surpassé les nombres trouvés par le calcul. Mais si l'on supposait cet oxide composé de $29.5 + \frac{29.5}{3} = 39.33$ parties d'oxigène sur 100 parties de fer, l'on approcherait davantage du résultat des expériences. Dans celles que j'ai faites sur l'oxide magnétique qui se tire des mines de Suède, j'ai trouvé que 100 parties de fer y sont combinées avec 39.16 parties d'oxigène. Comme cet oxide peut être décomposé en oxide rouge et en oxide noir par les moyens ordinaires qui les séparent, et que je l'ai trouvé de la même composition, quoiqu'il fût tiré de divers endroits, j'ai cru qu'il devait être considéré comme une combinaison chimique entre ces deux oxides, dans laquelle l'oxide rouge est en quantité double de l'oxide noir, et contient par conséquent trois fois autant d'oxigène que ce dernier, ce qui, exprimé par une formule, donne $= Fe\,O^2 + 2\,Fe\,O^3$. Dans ce cas, 100 parties de fer sont combinées avec 39.29 parties d'oxigène. Telle est mon opinion sur cet oxide intermédiaire; je l'abandonnerai sans difficulté pour toute autre qui s'accordera mieux encore avec les phénomènes.

Passant ensuite aux oxides de manganèse, vous dites,

Monsieur, que, suivant moi, le manganèse a 5 degrés d'oxidation, mais que l'existence des deux premiers vous paraît douteuse. Quant au premier de ces oxides, je n'ai avancé moi-même son existence que comme douteuse. (Voyez *Ann. de Chim.*, tome LXXXVII, p. 151), et le second a été découvert et décrit par M. John, dont j'ai cité les expériences. Je regrette beaucoup de ne l'avoir pas mieux examiné ; mais dans un cours d'expériences tel que celui qui m'a occupé pendant près de huit ans, on trouve parfois un grand avantage à se servir des expériences d'autres chimistes. On peut, à la vérité, être induit en erreur ; mais la critique doit indiquer d'où elle part. Il est possible que M. John se soit trompé ; pour le démontrer, il faut cependant plus que de simples conjectures.

En examinant mes recherches sur les oxides d'étain, vous trouvez, Monsieur, que j'ai indiqué un degré d'oxidation qui n'existe pas. Après avoir cité une partie de mes preuves, vous faites voir ce qui m'a trompé, et vous donnez une explication satisfaisante des phénomènes que j'avais observés. Cette explication consiste en ce que, 1° lorsqu'on mêle du *spiritus Libavii* avec de l'acide nitrique, il se dégage du gaz oximuriatique et du gaz nitrique, et une partie de l'oxide d'étain, après avoir perdu son acide, se précipite. 2° Lorsqu'on distille un mélange de *spiritus Libavii* et d'eau, il se dégage de l'acide muriatique avec l'eau, et ce qui reste dans la cornue est une combinaison avec excès d'oxide. La même chose arrive lorsqu'on distille une solution d'étain dans l'acide nitro-muriatique.

Je vous prie, Monsieur, d'observer que mes expé-

riences n'ont eu d'autre but que d'indiquer lequel des deux oxides en question contient le plus d'oxigène, mais que mon opinion sur leur différence se fondait sur leurs différens caractères chimiques. Je conviens avec vous que le dégagement de vapeurs nitreuses, lorsqu'on fait digérer le *spiritus Libavii* avec de l'acide nitrique, provient de l'action mutuelle de l'acide muriatique et de l'acide nitrique. Pour déterminer s'il y a réellement une différence dans la composition de ces deux oxides, j'ai eu recours à une expérience qui devait donner un résultat plus décisif. La voici :

Je pris 2.707 gr. de *spiritus Libavii*, que je mêlai d'eau avec les précautions nécessaires, et je le précipitai par l'ammoniaque caustique. L'oxide d'étain fut pris sur un filtre. Après avoir été un peu lavé, il commença à se dissoudre par l'eau pure qui y fut ajoutée. Je l'ai alors dissous dans de l'acide nitrique ; j'ai étendu d'eau cette solution, et l'ai chauffée à + 60° ; l'oxide s'en est précipité, et il a pu alors être lavé sans se redissoudre. L'oxide séché était incolore et transparent comme du verre. Chauffé à rouge, il devint jaune, en parcourant les différentes nuances de couleurs dont j'ai fait mention dans mon ancien Mémoire. Il pesait 1.55 gr.

La liqueur ammoniacale mêlée avec la liqueur acide, dont l'oxide avait été séparé par l'ébullition, ayant été précipitée par du nitrate d'argent, donna 6.054 de muriate d'argent, équivalent à 1.153 d'acide muriatique, de manière que le *spiritus Libavii* est composée de :

| | |
|---|---|
| Acide muriatique, | 42.125 ; |
| Oxide d'étain, | 57.875. |

Cette composition prouve donc d'une manière bien décisive, ainsi que vous avez voulu le démontrer, que l'oxide retiré du *spiritus Libavii* est, quant à sa composition, le même que celui formé par l'acide nitrique; car une combinaison neutre d'acide muriatique avec ce dernier oxide doit, d'après le calcul, contenir 42.06 p. c. d'acide muriatique, sur 57.96 p. d'oxide.

Ce résultat inattendu me fit préparer une quantité d'oxide d'étain par l'acide nitrique. Je le privai de tout acide en le faisant bouillir à plusieurs reprises avec de l'eau, après quoi je le séchai et le chauffai à rouge dans un petit appareil pneumatique; il ne donna que de l'eau exempte de toute acidité, et ne produisit aucun gaz. Il est donc évident que ces deux oxides contiennent la même quantité d'oxigène. Mais cette différence dans leurs caractères chimiques, que j'avais soigneusement examinée, n'existe-t-elle pas ?

J'ai donc cru devoir répéter mes anciennes expériences, et je les ai fait comparativement sur cet oxide en trois états différens, savoir : 1° l'oxide formé par l'acide nitrique bien lavé de tout acide; 2° l'oxide du *spiritus Libavii*, précipité par l'ammoniaque; et 3° le même oxide redissous par l'acide nitrique et précipité par l'ébullition de cette dissolution étendue d'eau. Tous les trois ont été employés sans avoir été séchés.

*Combinaisons de ces oxides avec l'acide sulfurique.*

*A*) *L'oxide par l'acide nitrique.* L'acide se combine avec l'oxide, mais ne le dissout pas, qu'il soit concentré ou non. La liqueur, filtrée et mêlée d'ammoniaque, ne laisse tomber que des traces d'oxide d'étain.

*B*) *L'oxide du* spiritus Libavii *par l'ammoniaque* se dissout entièrement, même dans l'acide délayé, pourvu qu'on l'ajoute en quelque excès. La dissolution chauffée à l'ébullition ne dépose point l'oxide dissous.

*C*) *L'oxide du* spiritus Libavii *par l'acide nitrique* présente absolument les mêmes phénomènes.

*Combinaisons avec l'acide nitrique.*

*A*) *L'oxide par l'acide nitrique* ne se dissout pas dans l'acide nitrique. Traité d'abord par l'ammoniaque, et ensuite par l'acide nitrique, l'oxide conserve encore son indissolubilité.

*B*) L'*oxide du* spiritus Libavii *par l'ammoniaque* se dissout totalement sans résidu. L'acide en est entièrement neutralisé; sa saveur devient astringente; la liqueur ne se décompose pas à l'air; mais exposée à + 50°, l'oxide en est presqu'entièrement précipité. Une dissolution de cet oxide dans l'acide nitrique qui ne contient point d'ammoniaque, se décompose à l'air, surtout si elle est étendue; mais si l'on y ajoute du nitrate d'ammoniaque, cela n'a pas lieu, et le précipité, s'il y en a, se redissout.

*C*) L'*oxide du* spiritus Libavii *par l'acide nitrique* paraît d'abord se dissoudre; mais lorsqu'après quelque temps on le filtre, l'on voit que l'acide n'en a dissous qu'une très-petite quantité. Si on le traite d'abord par l'ammoniaque et ensuite par l'acide nitrique, les mêmes phénomènes ont lieu qu'en *B*).

*Combinaisons avec l'acide muriatique.*

*A*) *L'oxide par l'acide nitrique.* Si l'on y verse de l'acide muriatique, l'oxide se combine avec l'acide;

celui-ci prend une couleur jaune, mais ne dissout que très-peu d'oxide. Si l'on décante l'acide et qu'on verse sur l'oxide restant une quantité suffisante d'eau, il se dissout entièrement. La dissolution, mêlée d'acide muriatique, se précipite de nouveau, et le précipité, qui est un muriate neutre, peut se redissoudre dans de l'eau exempte d'acide. La dissolution dans l'eau se coagule par l'ébullition, quelque étendue qu'elle soit, et même lorsqu'on y a mêlé autant d'acide muriatique qu'elle peut en recevoir sans se précipiter.

*B*) *L'oxide du* spiritus Libavii *par l'ammoniaque* se dissout entièrement dans l'acide muriatique, et ne se laisse point précipiter par une addition de cet acide en excès. L'esprit de Libavius se dissout dans l'acide muriatique concentré tout aussi-bien que dans l'eau pure. Une dissolution de *spiritus Libavii* mêlée d'eau se décompose lorsqu'on la chauffe; mais l'oxide se redissout par un très-petit excès d'acide, et ne se laisse plus précipiter par l'ébullition.

*C*) *L'oxide du* spiritus Libavii *par l'acide nitrique*, produit absolument les mêmes phénomènes que *B*).

Or, il est clair, d'après ces expériences, que l'oxide d'étain par l'acide nitrique donne des combinaisons salines différentes de celles formées par l'oxide du *spiritus Libavii* précipité par des alcalis. Quelle peut être la cause de cette différence, *si elle ne réside pas dans la composition de ces deux oxides?* ou doit-elle être attribuée à la présence de corps étrangers? Pour m'en assurer, je précipitai les deux différens muriates par le même alcali, prenant tantôt de la potasse, tantôt de l'ammoniaque; je lavai le précipité jusqu'à ce qu'il se fût redis-

sous pas l'eau ajoutée; je recueillis séparément le liquide laiteux qui passa par le filtre, et je les comparai en ajoutant les mêmes acides aux deux dissolutions alcalines. L'acide muriatique forma, avec la dissolution alcaline *de l'oxide fait par l'acide nitrique*, absolument la même combinaison qu'auparavant; elle se précipita par de l'acide en excès, et elle se coagula par l'ébullition, même malgré un excès d'acide. L'acide nitrique et l'acide sulfurique précipitèrent l'oxide sans le redissoudre. Une goutte de la dissolution alcaline ajoutée à l'acide étendu d'eau se précipita et rendit la liqueur opaque. La dissolution alcaline de l'*oxide du spiritus Libavii*, mêlée d'acide muriatique, se précipita, mais redevint claire, et ne se laissa précipiter ni par l'acide en excès, ni par l'ébullition. Les acides nitrique et sulfurique ont redissous l'oxide tout comme avant sa combinaison avec l'alcali.

Il est donc clair que les propriétés observées appartiennent à ces oxides à raison des différentes manières dont ils ont été préparés, et elles ne dépendent d'aucun corps étranger mélangé à l'oxide, puisqu'elles se conservent malgré que l'on fasse passer l'oxide alternativement de la combinaison avec un acide à celle avec un alcali; et enfin de celle-ci à celle avec un acide. Il faut donc les considérer comme deux bases salines différentes.

L'oxide d'étain ayant une fois reçu les caractères qui lui appartiennent dans l'esprit de Libavius, ne peut être changé que difficilement; mais l'oxide fait par l'acide nitrique peut être changé en celui du *spiritus Libavii* de plusieurs manières, par exemple, en le mêlant d'acide muriatique concentré et le distillant. On obtient d'abord de l'eau peu acide; l'oxide ne se dissout pas; ensuite,

lorsque la masse dans la cornue devient pulpeuse, il passe de l'esprit de Libavius avec excès d'acide, sans qu'il se forme une trace de gaz oximuriatique. La masse qui reste dans la cornue est jaune ; elle paraît d'abord insoluble dans l'eau, mais elle s'y dissout enfin partiellement. La portion non dissoute devient blanche et volumineuse. Si l'oxide par l'acide nitrique est calciné avec un alcali caustique, et si on fait dissoudre cette masse par de l'acide muriatique, l'oxide se trouve réduit au même état que dans l'esprit de Libavius.

On sait depuis long-temps que plusieurs oxides sont réduits par la chaleur à l'état d'insolubilité ou d'indifférence électro-chimique ; on peut même observer que quelques-uns, en entrant dans cet état, deviennent incandescens et produisent le phénomène du feu ; par exemple, la zircone et l'oxide de chrome ; mais lorque, à une température incandescente, on expose ces oxides à l'action d'un fort réactif chimique, par exemple, à celle des alcalis fixes, de l'acide borique, du bisulfate de potasse, ils reprennent leur premier état et recouvrent la propriété de se combiner avec d'autres corps. L'oxide d'étain a ces deux états de commun avec tant d'autres ; mais on n'a jamais observé qu'un oxide, sans altérer sa composition, ait passé à un état électro-chimique différent, et soit doué de propriétés chimiques qu'il n'avait pas auparavant.

J'ai souvent été frappé d'autres différences que présente l'oxide d'étain suivant les différentes méthodes par lesquelles il a été obtenu. En faisant oxider l'étain par l'oxide rouge de mercure, il en résulte un oxide blanc, qui ne devient point jaune lorsqu'on l'expose de nou-

veau au feu, et qui cependant contient la même quantité d'oxigène que l'oxide jaune.

Je prévois que les partisans de la nouvelle hypothèse sur la nature de l'acide muriatique trouveront les phénomènes que je viens de citer très-aisés à comprendre, et diront que le *spiritus Libavii* est un chlorure, ou un acide chloro-stannique, ou quelque chose de pareil, tandis que l'autre muriate qui se précipite par l'excès d'acide est un hydrochlorate. Mais cette explication, outre qu'elle fournirait le seul exemple d'une différence entre un chlorure et un hydrochlorate, serait nulle, parce qu'il faut que la circonstance qui donne lieu à l'explication soit également applicable aux différences qui existent entre les sulfates et les nitrates de ces deux oxides.

Vous ajoutez, Monsieur, dans vos observations, que vous croyez que je me suis trompé sur le nombre des oxides de l'antimoine, et qu'il n'en existe que deux, quoique vous n'ayez point d'expériences assez précises pour entreprendre une discussion à cet égard. Il me serait bien difficile de me défendre contre les doutes que vous élevez sur la justesse de mes observations, puisque vous n'indiquez point lesquelles de mes expériences ont été assez mauvaises pour donner des résultats aussi inexacts. Je suppose que vous n'ignorez pas les corrections que j'ai faites sur la composition de l'un de mes oxides, dans les *Annales* de M. Thomson, février 1814. Vous dites encore que « plusieurs des combinaisons que j'ai » appelées des antimoniates ou des antimonites ne sont » que de simples mélanges, et que c'est probablement la » cause pour laquelle elles deviennent incandescentes à

» une certaine température, parce que ce n'est réellement
» qu'alors que la combinaison s'opère (1). »

J'ajouterai encore quelques mots. Vous dites : « M. Berzelius a trop négligé de rappeler les chimistes qui, » avant lui, avaient porté de l'exactitude dans un grand » nombre d'analyses ». Je suis loin de vouloir vous disputer la priorité de l'analyse dont il était question, mais mon Mémoire a été présenté à l'Académie de Stockholm dans un temps où je ne pouvais pas avoir connaissance de votre travail. En général, vous pouvez être bien sûr qu'aucun de mes Mémoires ne paraît imprimé dans l'étranger que six ou douze mois après qu'il a été écrit. Au reste, quant au reproche que j'ai trop négligé de rappeler des chimistes, etc., j'ose vous assurer que si cela a effectivement eu lieu, c'a été tout-à-fait sans l'intention de vouloir m'approprier des découvertes faites par d'autres. J'ai même pour principe de ne jamais rien réclamer de ce que je trouve usurpé, ou attribué à d'autres par partialité ou amour-propre national. Je déteste cette sorte de dispute; notre but commun est l'avancement de la science, et pour ce but, peu importe qui a le premier prouvé telle ou telle chose; ce sera à une généra-

(1) J'avoue, Monsieur, que je ne suis pas très-content de cette manière de traiter mon travail, ni de ce que vous cherchez à détourner l'attention des chimistes d'un phénomène extrêmement remarquable. Je l'ai observé depuis dans d'autres corps. La gadolinite, par exemple, et l'oxide vert de chrome le présentent d'une manière frappante. J'en ai fait mention dans un Mémoire sur l'acide muriatique, imprimé dans les *Annales de Physique* de M. Gilbert.

tion future d'écrire l'histoire des progrès faits par celle-ci ; et sans faire attention aux disputes d'aujourd'hui sur la priorité des découvertes, elle rendra *suum cuique.* Quant à la priorité des analyses, j'ai en général considéré ce genre de travail comme étant trop peu de chose, en fait de découvertes, pour vouloir augmenter un Mémoire, d'ailleurs très-long, par des détails inutiles pour le moment. Je vois avec satisfaction, Monsieur, que vous avez le même principe ; puisque, par exemple, dans votre dernier mémoire sur la vraie composition de l'acide nitreux, vous n'avez point cité un Mémoire que j'ai fait insérer dans les *Annals of Phylosophy* de M. Thomson, novembre 1813, ainsi que dans les Annales de M. Gilbert, février 1814, dont un article a pour but de prouver que ce que vous avez considéré jusqu'alors comme acide nitreux n'est point celui qui se combine avec les bases, lequel est composé d'un volume de gaz azote sur un volume et demi de gaz oxigène.

J'espère, Monsieur, de votre impartialité, que vous voudrez bien faire insérer cette réponse dans l'ouvrage périodique qui a publié vos observations.

---

*Observations sur la Lettre précédente, par M.* Gay-Lussac.

En écrivant le Mémoire qui a donné lieu à la lettre précédente (*Ann. de Ch. et de Phys.*, I, 32), j'étais loin de vouloir élever des doutes sur l'exactitude de M. Berzelius ; et si j'ai employé des expressions qui pourraient me faire prêter une telle pensée, je dois m'empresser de les désavouer. J'avais eu seulement pour objet

de rappeler à l'examen quelques résultats admis par M. Berzelius, qui ne m'avaient point paru avoir un degré de certitude suffisant. Je ne dois pas regretter d'avoir provoqué les nouvelles recherches de cet habile chimiste sur les oxides d'étain, et je vois avec plaisir que mes conjectures n'étaient pas trop mal fondées, quoique sa lettre soit écrite dans le même sens que si elles ne l'étaient pas.

Dans le Mémoire cité, j'avais d'abord cherché à prouver qu'entre le protoxide de fer et le peroxide, il existait un troisième composé de fer et d'oxigène dont M. Berzelius n'avait pas parlé en traitant de l'oxidation de ce métal (*Ann. de Ch.*, vol. LXXVIII, pag. 228), et que j'étais porté à regarder comme un oxide particulier, parce qu'il ne me paraissait pas suffisamment démontré que ses proportions ne pouvaient pas s'accorder avec celles des deux autres. Je ne savais pas alors que, depuis mon premier Mémoire sur le fer, M. Berzelius considérait cet oxide comme une combinaison du protoxide avec le peroxide; car cette opinion, qui ne m'avait pas paru improbable, aurait acquis pour moi un grand degré de certitude par l'autorité de cet habile chimiste.

Quant aux oxides de manganèse, quoique M. Berzelius dise qu'il faut plus que de simples conjectures pour démontrer que le second oxide, celui de M. John, n'existe pas, je persiste à croire que les raisons que j'ai alléguées, page 38, pour mettre son existence en doute, valent bien celles sur lesquelles on se fonde pour l'affirmer. C'est à de nouvelles expériences à prononcer.

Je ne reviendrai pas sur les oxides d'étain; M. Berzelius vient de les réduire à deux, et nous sommes par-

faitement d'accord. Si je me suis permis d'avancer que « la dissertation de M. Berzelius sur l'antimoine ne m'a» vait pas paru renfermer des preuves suffisantes pour faire » admettre l'existence de quatre oxides d'antimoine (1) », et que *plusieurs* des combinaisons auxquelles il avait donné le nom d'*antimoniates* ou d'*antimonites* ne sont que des mélanges, j'avoue encore aujourd'hui, après m'être convaincu, par des expériences récentes, de l'existence du 4$^{me}$ oxide, mais non de celle du 1$^{er}$, que je ne crois pas qu'on pût regarder cette assertion comme trop mal fondée. Voici mes conjectures relativement aux antimoniates et aux antimonites :

1°. Lorsqu'on verse une dissolution d'antimoniate ou d'antimonite de potasse dans une dissolution métallique, on ne peut pas affirmer que le précipité soit toujours une combinaison; car l'alcali qui est en excès précipite l'oxide métallique et abandonne l'antimoine, qu'il y ait ou non affinité entre ces derniers.

2°. Pourquoi M. Berzelius n'a-t-il pas cherché à éviter cette cause d'incertitude, en formant ses antimoniates ou ses antimonites avec des dissolutions des oxides métalliques

---

(1) M. Berzelius avait d'abord trouvé pour les oxides d'antimoine les proportions suivantes :

| | |
|---|---|
| 1°. Antimoine, 100; | oxigène, 4,65; |
| 2°. .............. | ....... 18,60; |
| 3°. .............. | ....... 27,90; |
| 4°. .............. | ....... 37,20. |

D'après les nouvelles expériences qu'il rapporte dans les *Annals of Philosophy*, il donne 24,8 pour la proportion d'oxigène du troisième oxide.

dans la potasse ou dans l'ammoniaque ? J'avais depuis long-temps employé ce moyen, et j'avais reconnu que peu d'oxides, si l'on en excepte la baryte, la strontiane et la chaux, ont la propriété de se précipiter mutuellement de leurs dissolutions alcalines (1).

---

(1) J'avais fait depuis long-temps des recherches sur l'affinité mutuelle des diverses bases (*Ann. de Ch.*, t. LXXX, p. 208.), et je vais extraire de mes notes les résultats suivans.

La dissolution de zinc dans la potasse ou l'ammoniaque ne produit rien avec les ammoniures de manganèse, de fer au *minimum*, de cobalt, de nickel, de cuivre, de mercure et d'argent, ni avec les potassures de plomb, d'alumine, d'étain au *maxium* et au *minimum*, l'eau de baryte, de strontiane et de chaux. En mêlant de l'ammoniure de zinc avec l'antimoniate de potasse, on obtient un précipité blanc floconneux qui se dissout difficilement dans la soude.

L'ammoniure de fer obtenu en décomposant le chlorure de fer par un excès d'ammoniaque ne précipite point l'ammoniure de manganèse, de nickel et de cobalt, ni les eaux de baryte, de strontiane et de chaux. Mais on obtient un précipité noir avec l'ammoniure d'argent, un précipité jaune avec l'ammoniure de cuivre, un précipité noir très-abondant au bout de quelques instans, avec l'ammoniure de mercure. On a aussi obtenu un grand précipité noir avec le potassure de plomb. Avec la potasse silicée, la potasse aluminée, le potassure de zinc, il se fait également des précipités ; mais il faut remarquer que l'ammoniure de fer ayant été préparé avec de l'hydrochlorate de fer, il restait par conséquent dans la dissolution de l'hydrochlorate d'ammoniaque, qui aura été décomposé par la potasse des autres dissolutions, et dès-lors

3°. M. Berzelius dit que le phénomène de l'incandescence, lorsqu'on chauffe un antimoniate ou un anti-

---

il y aura eu nécessairement des précipités, puisque l'ammoniaque, mise à nu, n'aura pu dissoudre l'oxide abandonné par la potasse.

Le potassure de plomb a donné un précipité blanc très-abondant avec le potassure d'étain au *maximum*, l'eau de chaux, de baryte et de strontiane; mais il n'a rien produit avec le potassure d'étain au *minimum*, ni avec la dissolution d'alumine ou de silice dans la potasse.

Le potassure d'étain au *minimum* et celui au *maximum* donnent des précipités blancs très-abondans avec la chaux, la baryte et la strontiane; mais ils ne produisent rien avec la potasse silicée ou aluminée.

L'ammoniure de mercure fait directement précipite abondamment en blanc l'eau de baryte, de strontiane et de chaux; le potassure de zinc en blanc, l'antimoniate de potasse en gris, le potassure d'étain au *minimum* en noir.

L'antimoniate de potasse (matière perlée de Kerkringius) donne un précipité blanc très-abondant avec le potassure de plomb, l'eau de baryte, de strontiane et de chaux; mais il ne précipite point les potassures d'étain au *minimum* et au *maximum*.

On peut admettre, d'après ces résultats, que, parmi les bases essayées, la baryte, la strontiane et la chaux précipitent presque tous les métaux de leur dissolution dans la potasse ou dans l'ammoniaque; tandis qu'il n'y a qu'un petit nombre d'oxides qui se précipitent mutuellement. Quelquefois le précipité est déterminé par la suroxidation d'un des oxides aux dépens de l'autre, comme cela a lieu pour le mercure, l'argent et le cuivre. Il ne faudrait pas cependant

monite, n'a point lieu avec les antimoniates alcalins, terreux, de plomb et de manganèse (*Ann. de Ch.*, vol. LXXVI, p. 254) ». Or, j'avais trouvé précisément que l'existence de la plupart de ces antimoniates n'est point douteuse, et dès-lors il m'avait paru probable que les antimoniates qui produisaient le phénomène de l'incandescence, lorsqu'on les chauffait, n'étaient que des mélanges, et que l'incandescence n'avait lieu qu'au moment de la combinaison.

Si, d'après des considérations semblables, il n'était pas permis de provoquer l'examen de résultats mal démontrés, sans encourir le reproche, « de détourner l'attention des chimistes d'un phénomène extrêmement remarquable (celui de l'incandescence) », il faudrait bannir toute espèce de critique de la chimie, et recevoir sans examen toutes les nouvelles scientifiques. M. Berzelius se trompe sur mes intentions. J'aime la science autant que lui; et j'ai toujours applaudi à ses nombreuses et utiles découvertes. D'ailleurs, si j'ai cru pouvoir me permettre d'élever des doutes sur quelques-uns de ses résultats, n'ayant pas, selon moi, un degré de certitude suffisant, je n'ai jamais eu la prétention de les faire partager.

---

conclure que toutes les bases qui n'ont point formé de précipité n'ont point d'affinité entr'elles; cela prouve seulement que cette affinité est faible, ou que l'insolubilité des composés qu'elles forment peut être vaincue par les dissolvans dans lesquels elles se trouvent.

**Note** *sur le rapport du mètre au pied anglais, déterminé par une Commission de l'Institut royal de France, et comparé aux meilleurs résultats obtenus en Angleterre sur le rapport de la toise du Pérou au pied anglais.*

Par M. de Prony.

M. Delambre a publié dans la *Base du système métrique décimal*, un Rapport fait à l'Institut, le 6 nivose an 10 (27 décembre 1801), par une commission composée de MM. Legendre, Pictet et de Prony, sur l'évaluation, en pouces anglais, de la longueur de deux mètres étalons, en platine et en fer, qui sont maintenant déposés à l'Observatoire royal de Paris, au moyen d'une règle de laiton de plus de 3 pieds de longueur, apportée de Londres par M. Pictet, et divisée en pouces, d'après l'étalon de la Société royale, par M. Troughton.

La comparaison de ces diverses mesures a été faite avec tout le soin et toute l'attention possible, et on y a employé deux instrumens très-précis, dont l'un était un comparateur microscopique construit par Troughton, et l'autre le grand comparateur de M. Le Noir.

C'est à l'occasion de cette mesure que j'imaginai la méthode pour comparer les mesures taillées par leurs bouts, avec celles qui sont données par la distance entre deux traits parallèles, méthode qui a été récemment employée pour les vérifications des mètres construits à Paris et destinés à la Société royale.

Le résultat de l'opération fut que le mètre était égal

à 39,3827 pouces anglais, les étalons de l'Observatoire de Paris et la règle anglaise de laiton étant à la température de la glace ; ainsi, cette longueur de 39,3827 pouces anglais, prise sur la règle et à la température dont je viens de parler, doit être considérée, d'après les travaux des astronomes français, comme égale à la 10000000e partie du quart du méridien.

Ce résultat fournissant une base de calcul sur laquelle on peut établir des déterminations importantes, j'ai été curieux de voir à quel point il se trouvait d'accord avec la meilleure comparaison connue des mesures françaises et anglaises, celle que l'astronome royal fit faire en sa présence, en 1768, par le fameux artiste Bird. Cette comparaison fut celle d'un étalon de laiton divisé en pouces anglais et appartenant à Bird, avec deux toises françaises de fer envoyées par Lalande, de Paris, où elles avaient été très-soigneusement étalonnées sur la toise du Pérou. Bird trouva qu'à la température de 61° de Fahrenheit, la toise en fer équivalait à 76,7365 pouces anglais mesurés sur son étalon, qui était plus court que celui de la Société royale de $\frac{1}{3000}$ de pouce par pied. En réduisant, d'après ce rapport, le premier étalon au second, et ramenant la température à 62° de Fahrenheit au lieu de 61°, l'astronome royal conclut qu'à cette température de 62°, qui est à-très-peu-près celle à laquelle Bouguer a ramené ses mesures, la toise en fer du Pérou devait contenir 76,734 pouces anglais, mesurés sur l'étalon en laiton de la Société royale.

Cette comparaison fut faite à l'occasion des opérations exécutées dans l'Amérique septentrionale par MM. Mason et Dixon, pour mesurer un arc du méridien, et on

peut voir, si on desire plus de détails, le *post-scriptum* inséré par l'astronome royal dans le volume des *Transactions philosophiques* de 1768, à la suite de la description des opérations.

Il s'agit maintenant de déduire de la comparaison de la toise du Pérou au pied anglais dont je viens de parler, le rapport de ce pied au mètre; pour cela, on se rappellera que la toise du Pérou étant à la température de $16^\circ \frac{1}{4}$ centigrades, 443,296 lign., mesurées sur cette toise, donnent la longueur de chacun des mètres étalons de l'Observatoire de Paris, mis à la température de la glace, température à laquelle ils ont leur longueur légale. Il faut donc chercher d'abord le rapport de la toise du Pérou au pied anglais, en mettant la toise à $16^\circ \frac{1}{4}$ centigrade, et l'étalon de la Société royale à $0^\circ$ : or, les $62^\circ$ de Fahrenheit répondent à $16^\circ,67$ centigrades, et le calcul doit être établi en diminuant cette température de $0^\circ,42$ pour la toise, et $16^\circ 67$ pour l'étalon anglais.

J'ai donné, pour faire rigoureusement ce calcul, des formules qu'on trouve dans le tome III de la *Base du Système métrique*, à la suite d'un Mémoire sur le comparateur de Le Noir.

$m$ et $\mu$ représentant respectivement la mesure française et la mesure anglaise, soient

$t$ la température commune de $m$ et $\mu$ lors de la comparaison observée de ces mesures.

$a$ un nombre de parties égales de $\mu$, contenues dans $m$, à cette température.

$t \pm n'$ et $t \pm n$ les températures respectives de $m$ et de $\mu$ sous lesquelles on veut calculer leur rapport.

$r$ et $\rho$ les variations respectives de l'unité de lon-

gueur de $m$ et $\mu$ lorsque leurs températures varient de 1°.

$\varepsilon$ la variation calculée de $a$ d'après les variations $n$ et $n'$ de la température $t$.

On a

$$\varepsilon = \left( \frac{\pm \frac{n'}{n} r \mp \rho}{\frac{1}{n} \pm \rho} \right) a.$$

On emploie les signes supérieurs et inférieurs des termes qui renferment $\rho$ et $r$, respectivement, lorsque $t$ devient $t+n$ et $t+n'$ ou $t-n$ et $t-n'$.

Il suffira ordinairement de calculer $\varepsilon$ au moyen de l'équation $\varepsilon = (\pm n' r \mp n \rho) a$, en négligeant $n \rho$ au dénominateur.

Prenant, pour la dilatation du fer pareil à celui de la toise du Pérou, le nombre déduit des expériences de Borda, et pour la dilatation du laiton un nombre moyen entre ceux que fournissent les expériences de Lavoisier et Laplace, on a

$$a = 76{,}734;$$
$$n = -16{,}67;$$
$$\rho = 0{,}000\,018\,79;$$
$$n' = -0{,}42;$$
$$r = 0{,}000\,011\,56.$$

Introduisant ces quantités dans l'équation

$$\varepsilon = \left( \frac{\rho - \frac{n'}{n} r}{\frac{1}{n} - \rho} \right) a,$$

on trouve :

$\varepsilon$ = . . . . . . . . 0,023 67 ;
ajoutant $a$ . . . . . . . 76,734 00.

| | |
|---|---|
| On a pour la longueur de la toise en fer du Pérou, à $16^{\circ}\frac{1}{4}$ cent. en pouces anglais, mesurés sur l'étalon en laiton de la Société royale, mis à $0^{\circ}$. | pouc. 76,757 67. |

Pour avoir maintenant la longueur du mètre étalon de l'Observatoire de Paris en pouces anglais, mesurés sur l'étalon de la Société royale, ces deux étalons étant à la température de la glace, il faut multiplier le nombre qu'on vient de trouver par $\frac{443{,}296}{864}$, et la longueur cherchée sera de . . . . . . . . . . . . . . . . . . 39,3824 pouces.

La commission de l'Institut a trouvé dans les mêmes circonstances. . . . . . 39,3827

Différence. . . . 0,0003 pouces.

Ainsi les deux comparaisons, faites par des procédés bien différens, s'accordent à $\frac{3}{10000}$ de pouce près, environ $\frac{1}{130}$ de millimètre. C'est assurément une conformité très-satisfaisante, et qui est une preuve irrécusable de l'exactitude des opérations françaises et anglaises.

Je terminerai cette note en disant que j'ai vu avec regret la longueur du mètre en mesures anglaises, donnée par M. Biot à la fin du I^er vol. de son *Cours de Physique*, d'après les résultats de l'astronome royal ci-dessus cité, sans aucune réduction de température et sans aucune donnée fournie au lecteur pour calculer cette réduction. M. Biot aurait dû indiquer les matières dont étaient

construites les mesures comparées, et la température à laquelle leur rapport avait été déterminé en 1768 : faute de ces précautions, il y a une discordance apparente de plus de $\frac{1}{100}$ de pouce (environ $\frac{1}{3}$ de millimètre) entre la valeur du mètre en pouces anglais déduite de ses nombres, qui est de 39,3702, et celle de la commission de l'Institut.

---

## NOTE *sur le Traitement des Eaux-Mères des Salpêtriers.*

PAR M. LONGCHAMP.

Tous les chimistes savent de quelle manière s'extrait le salpêtre; je vais cependant la rappeler ici en peu de mots.

On lessive les matériaux salpêtrés; on fait évaporer les eaux, et lorsqu'elles sont parvenues à un certain degré de concentration, on y mêle la quantité de dissolution de potasse jugée convenable pour décomposer le nitrate de chaux; mais on doit rester au-dessous du terme plutôt que de le dépasser; car on sent que si on mettait plus de potasse qu'il n'en faut pour décomposer le nitrate de chaux, l'alcali excédant servirait à décomposer le muriate de cette base, et le muriate de potasse produit serait en pure perte.

Après avoir décomposé le nitrate calcaire, on décante, et on fait évaporer la liqueur surnageante jusqu'au terme convenable pour obtenir par cristallisation le sal-

pêtre qu'elle contient. Ce salpêtre est plus ou moins mêlé de muriate de soude et sali par l'eau-mère qui reste après les cristaux.

L'eau-mère de cette cristallisation est mise de côté jusqu'à ce que la suite du travail de l'atelier en ait produit une assez grande quantité pour être le sujet d'un travail particulier.

Nous avons vu qu'on a mis dans les eaux salpêtrées un peu moins de potasse qu'il n'en faut pour décomposer le nitrate calcaire; en sorte que les eaux-mères que nous avons à traiter sont composées de six substances, savoir : nitrate de potasse et muriate de soude, autant que l'eau de la liqueur peut en tenir en dissolution; nitrates de chaux et de magnésie indécomposés par la première saturation; enfin, muriates de chaux et de magnésie. On y admet aussi une matière animale; mais nous n'avons point à nous en occuper.

On traite les eaux-mères comme on a traité les eaux provenant du lessivage des matériaux salpêtrés, c'est-à-dire qu'on les sature par la potasse pour décomposer les nitrates de chaux et de magnésie qu'elles contiennent (1); et après avoir décanté la liqueur, on la fait évaporer jusqu'au terme nécessaire pour sa cristallisation.

Cette cristallisation nous donne une nouvelle eau-mère, et c'est celle-ci, jetée jusqu'à présent comme intraitable, dont je vais apprendre à tirer parti.

---

(1) On appelle *saturer*, dans l'art du salpêtrier, l'opération par laquelle on décompose le nitrate de chaux par la potasse.

Cette liqueur se compose de nitrate de potasse et de muriate de soude, autant qu'il en peut être dissous par l'eau qu'elle contient, et de plus, d'une très-grande quantité de muriates terreux; car nous avons ici de ce genre de sels tout ce qu'a pu produire le travail du salpêtrier en six mois ou un an, suivant l'activité de son atelier.

On sent qu'une petite quantité de salpêtre, empâtée dans une grande quantité de muriate de chaux, ne peut plus être séparée par le moyen de la cristallisation; on ne peut plus même soumettre au feu cette liqueur, parce qu'elle se boursouffle considérablement. Aussi les salpêtriers intelligens n'avaient-ils d'autres moyens de retirer encore un peu de salpêtre qu'en soumettant la liqueur au froid dans les mois rigoureux de l'année; mais ce traitement par le froid étant fini, il fallait définitivement jeter les dernières eaux-mères, comme intraitables.

C'était donc le muriate de chaux qui était l'obstacle: un peu de réflexion nous indiquait l'emploi du sulfate de soude; et nous n'aurons plus dans notre liqueur que du nitrate de potasse, du muriate de soude et du muriate de magnésie. On procède alors à l'évaporation, et la cristallisation nous fournit le salpêtre, objet de nos travaux.

On sent que, dans ce traitement, le nitrate de potasse obtenu est tout en bénéfice; car le muriate de soude produit compensera le prix du sulfate de soude employé.

J'ai pour objet, en publiant cette note, de faire connaître de quelle manière on peut extraire le salpêtre des dernières eaux-mères, et aussi de proposer l'emploi du nitrate de soude dans les arts. Les fabricans d'eau forte et

d'acide sulfurique se plaignent du haut prix du salpêtre, et il me semble que la régie des poudres pourrait faire fabriquer du nitrate de soude dont le prix serait de beaucoup inférieur à celui du nitrate de potasse : elle ferait cesser par là les plaintes des fabricans, qui prétendent que la cherté du salpêtre est un obstacle à ce qu'ils soutiennent la concurrence avec l'étranger, qui emploie le salpêtre de l'Inde. On sent que la fabrication du nitrate de soude ne pourrait pas se faire avec le même avantage pour le gouvernement dans toutes les localités ; mais tous les matériaux si abondans de l'ancienne Touraine, par exemple, qui ne contiennent en grande partie que du nitrate à base de chaux, pourraient servir à la fabrication du nitrate de soude. On ne saturerait avec la potasse que dans les contrées où les matériaux seraient riches en salpêtre.

---

## NOUVELLES RECHERCHES *sur les Proportions chimiques.*

PAR M. BERZELIUS (1).

JE viens de répéter quelques-unes de mes anciennes expériences relatives aux proportions fixes, celles surtout qui servent de bases aux calculs, dans la vue d'obtenir des résultats numériques de la plus grande pré-

(1) Cet article nous a été communiqué en manuscrit par M. Berzelius.

cision possible. La composition des oxides de plomb et d'argent et de l'acide sulfurique, jouant un rôle principal dans ces calculs, il a fallu tâcher d'en porter l'analyse à un tel degré de perfection que, exécutée par des méthodes différentes, elle donnât constamment le même résultat.

A cet effet, j'ai commencé par l'examen du muriate suroxigéné de potasse, et j'ai trouvé que sur 100 parties de ce sel, l'on obtenait, par la calcination, 39,15 parties de gaz oxigène.

100 parties du muriate de potasse restant forment avec le nitrate d'argent 192,4 parties de muriate d'argent.

100 parties d'argent donnent 132,75 parties de muriate d'argent.

Sachant d'avance que, dans le muriate suroxigéné de potasse, l'oxigène de la potasse est un sixième de l'oxigène, qui peut être rendu libre par la chaleur, on trouve par le calcul, d'après ces expériences, la quantité d'oxigène contenue dans la potasse, et en même temps celle que renferme l'oxide d'argent; et s'il y avait une erreur dans le résultat obtenu de cette manière, elle ne serait qu'un sixième de l'erreur qui pourrait être commise en déterminant la quantité d'oxigène dans le muriate suroxigéné de potasse, ce qui doit le rendre plus exact que s'il était tiré d'un examen synthétique fait directement.

D'après ces trois données, qui ont été confirmées par des expériences suffisamment répétées, on peut déterminer par le calcul la proportion des principes constituans des combinaisons suivantes :

100 parties de muriate de potasse sont formées de 36,742 d'acide muriatique, et de 63,258 de potasse.

100 parties de muriate suroxigéné de potasse sont formées de 38,4917 de potasse, et de 22,3583 d'acide muriatique. Oxigène excédant, 39,1500.

100 parties d'acide muriatique (en supposant, d'après l'hypothèse sur sa nature qui s'accorde le mieux avec nos autres idées théoriques, qu'il soit formé d'oxigène combiné avec un corps combustible inconnu) contiennent 41,632 de base, et 58,368 d'oxigène.

100 parties d'acide muriatique saturent une quantité de base qui contient 29,1838 parties d'oxigène.

100 parties de muriate d'argent sont formées de 80,9032 d'oxide d'argent, et de 19,0968 d'acide muriatique.

100 parties d'oxide d'argent sont formées de 93,103 d'argent, et de 6,897 d'oxigène, qui sont comme 100 est à 7,3985.

100 parties de potasse sont formées de 83 de potassium et de 17 d'oxigène.

100 parties d'acide muriatique sur-oxigéné sont formées de 36,35 d'acide muriatique, et de 63,65 d'oxigène, ou de 15,1 de base, et de 84,9 d'oxigène.

Pour connaître la composition de l'oxide de plomb, il suffit de savoir, au moyen de ces données, la quantité de muriate d'argent produite par une certaine quantité de muriate de plomb. 100 parties de ce dernier sel forment 103,35 parties de muriate d'argent; d'où il suit que 100 parties d'acide muriatique sont saturées par 406,674 parties d'oxide de plomb, et que cet oxide contient 7,18 pour 100 d'oxigène. Comme, pour ac-

quérir une entière certitude à cet égard, ce résultat devait être soumis à une épreuve. Je réduisis 20 grains d'oxide de plomb dans un petit appareil de verre pesé, qui fut exposé à une forte chaleur, et au travers duquel on fit passer un courant de gaz hydrogène. Il se trouva que 100 parties d'oxide de plomb avaient perdu, par la réduction, 7,182 parties d'oxigène.

On sait, par d'anciennes expériences assez exactes, que 100 parties d'acide carbonique sont saturées par 506,83 parties d'oxide de plomb, et que 100 parties d'acide nitrique le sont par 205,904 parties du même oxide. Si l'acide carbonique contient deux fois l'oxigène de la base, et si l'acide nitrique, considéré comme composé d'un volume de gaz azote et de cinq volumes d'oxigène, contient cinq fois l'oxigène de la base, il s'ensuivra qu'en calculant la composition de ces acides d'après la pesanteur spécifique du gaz acide carbonique, du gaz oxigène et de l'azote, l'oxide de plomb contiendra 7,188 pour 100 d'oxigène sur 92,812 de métal.

J'avais trouvé antérieurement que l'oxide de plomb contenait 7,15 parties d'oxigène. La différence entre 7,15 et 7,182 est certainement insignifiante; mais elle en cause cependant une très-importante dans le calcul des principes constituans de toutes les combinaisons. C'est ainsi, par exemple, que j'ai toujours trouvé, en effet, dans l'analyse de divers acides végétaux, et, d'après le résultat tant direct que calculé de l'expérience, que l'oxigène de l'acide excédait la quantité d'oxigène qui devait être contenue dans l'acide, en supposant que l'acide contienne 2, 3 et 4 fois l'oxigène de l'oxide de plomb dont il est saturé. Cette déviation disparaît au moyen de la petite

correction qui vient d'être faite, et la capacité de saturation des acides végétaux, calculée d'après leur composition, s'accorde à cette heure parfaitement avec celle qu'indique l'analyse de leurs sels.

Pour trouver avec la plus grande précision le poids relatif du soufre et de l'oxigène dans les acides sulfureux et sulfurique, j'ai cru qu'il suffisait de déterminer exactement la pesanteur spécifique du gaz sulfureux : je l'ai trouvée de 2,247, sans que, dans neuf expériences particulières, il y eût de variation que dans le quatrième chiffre. Si l'on admet que le gaz sulfureux contient un volume d'oxigène égal au sien, il s'ensuivra que 100 parties d'oxigène correspondent à 103,35 parties de soufre, ce qui excède beaucoup ce qui a été trouvé par d'autres expériences. 100 parties d'argent se combinant avec 14,9 parties de soufre et 7,3985 parties d'oxigène, le soufre doit être à l'oxigène comme 14,9 est à 7,3985 × 2 = 14,797, c'est-à-dire comme 100,7 est à 100. Cette différence est si grande qu'elle en produit une très-considérable dans la composition des sulfates. C'est pourquoi j'ai fait dissoudre 100 parties de plomb dans l'acide nitrique; j'ai transformé ce sel, par l'acide sulfurique, en sulfate de plomb, et je l'ai fait évaporer à siccité et rougir, au moyen de quoi j'ai obtenu dans plusieurs expériences 146,45 parties de sulfate de plomb. Si 100 parties de plomb se combinent avec 7,74 parties d'oxigène, il faut que dans les 46,45 parties excédantes il y ait 7,74 × 4 = 30,96 parties d'oxigène, dont 23,22 parties appartiennent à l'acide sulfurique. D'après ce calcul, le poids de l'oxigène est à celui du soufre dans l'acide sulfureux comme 100 : 100,07, ou, si l'on prend l'oxigène

dans le plomb pour 7,78, comme 100 est à 100,44, ce qui ne diffère pas beaucoup du nombre précédent, et ne s'accorde pas non plus avec le résultat de la pesanteur spécifique du gaz sulfureux.

La capacité de saturation de l'acide fluorique a été trouvée différente par divers auteurs. L'analyse du fluate de chaux, par M. Davy, approche le plus de la vérité. Il obtint de 100 parties de fluate de chaux 174,2 parties de gypse. J'en ai obtenu 173,63 dans plusieurs expériences, et j'ai examiné aussi les fluates d'argent et de baryte. Il résulte de mes expériences que 100 parties d'acide fluorique saturent une quantité de base qui contient 70,75 à 71 d'oxigène.

Par des expériences répétées sur les acides de l'arsenic, j'ai trouvé que ce que j'avais avancé sur leur composition est inexact, et qu'aucune des analyses publiées jusqu'ici n'est entièrement juste. 100 parties d'arsenic se combinent dans l'acide arsénieux avec 31,97 parties d'oxigène, et dans l'acide arsénique avec 52,96 parties. L'oxigène y est donc comme 3 est à 5, absolument comme dans les acides du phosphore. 100 parties d'arsenic blanc, décomposées par l'hydrogène sulfuré, donnent 124,5 parties de sulfure d'arsenic, et 100 parties d'arsenic blanc, décomposées par le soufre dans un appareil pesé, perdent en acide sulfureux qui se dégage 48,4 parties. L'arsenic peut se combiner avec le soufre jusque dans la proportion de 9 parties de soufre sur une de métal. M. Laugier a donné lieu à la présomption que le réalgar et l'orpiment sont un même degré de sulfure, combiné avec différentes quantités d'arsenic blanc : c'est inexact. L'orpiment ne contient point d'acide arsénieux. Je n'en ai pu extraire

ni par l'ammoniaque caustique, ni par l'acide muriatique, ni par la sublimation dans le vide. L'orpiment est proportionnel à l'acide arsenieux, c'est-à-dire qu'il se forme lorsque cet acide est décomposé par l'hydrogène sulfuré, et le réalgar correspond à un moindre degré d'oxidation de l'arsenic, qu'on obtient combiné avec l'acide muriatique, lorsque de l'arsenic pur est distillé avec du protomuriate de mercure. Ce rapport entre les acides de phosphore et d'arsenic est une nouvelle confirmation de l'analogie entre ces substances. Leurs combinaisons avec les alcalis sont ou avec excès d'acide, ou avec excès de base. Entre ces deux points, il y en a un de neutralité, qui ne subsiste pas à l'état solide ; et qui est détruit par la cristallisation. Dans les sels de l'un et de l'autre, l'oxigène de la base est à celui de l'acide dans le rapport de certains cinquièmes, comme de $\frac{1}{5}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$; en quoi ces corps forment une exception particulière et caractéristique de la règle générale pour les combinaisons entre les oxides des autres radicaux. Les combinaisons de l'arsenic et du phosphore avec l'hydrogène ont aussi une grande analogie entr'elles, et se distinguent absolument, tant par les proportions que par les propriétés de leurs combinaisons, des hydrures de soufre et de tellure. Les acides de l'azote qui, lorsqu'on n'admet pas la probabilité de la composition de ce corps, se comportent comme les acides de l'arsenic et du phosphore, en diffèrent néanmoins essentiellement, et l'azote, soit qu'on le considère comme corps simple ou composé, n'a aucune analogie avec le phosphore et l'arsenic. Les sels nitriques et nitreux sont exactement neutres sous formes de cristaux, et l'acide nitrique ne produit aucun sel acide.

M. M. Grégor ayant avancé que la topaze contient de la potasse, j'ai décomposé de la topaze du Brésil par calcination avec du carbonate de baryte. A la suite du traitement ordinaire, j'ai obtenu, de 3 grammes de topaze, 0,006 d'une substance qui était composée en grande partie d'alumine mêlée d'acide sulfurique, et retenue par l'ammoniaque caustique ajoutée en excès pour la faire précipiter. On peut donc être certain que la topaze ne contient point de potasse.

---

## Note *historique sur les Piles sèches.*

Dans un aperçu historique sur les piles sèches, qui fut inséré dans les *Annales* en mai 1816, nous crûmes pouvoir attribuer l'invention de ces appareils à MM. Hachette et Desormes. Cet article donna lieu à quelques remarques critiques de la part d'un des rédacteurs de l'excellent Journal qui se publie à l'Institution royale de Londres. Dans une réponse aux observations que ses critiques nous avaient suggérées, le même rédacteur remarque que les *Programmes de Physique* de M. Hachette que nous avions cités n'ont paru qu'en 1809, et que c'est précisément à cette époque que fut publié le travail de Deluc. La discussion se trouvant ramenée ainsi à une simple comparaison de dates, sera, ce me semble, complètement éclaircie par l'extrait suivant d'une lettre que M. Hachette nous a écrite à ce sujet.

« Il est très-vrai que ce livre (*les Programmes de*

» *Physique*) est le premier où l'on ait annoncé la longue
» durée de l'action d'une pile sèche. Il fallait bien avoir
» observé cette action pour assurer qu'elle était encore
» sensible après trois années. Mais dans beaucoup d'au-
» tres ouvrages on avait parlé (bien ou mal) de la pile
» sèche de 1802.

» On trouve dans le *Journal de Physique*, messidor
» an 11, juillet 1803, tome LVII, pag. 74 et 75, l'ar-
» ticle suivant :

» Extrait des registres de la classe des sciences et arts
» de l'Institut : séance du 8 messidor an 11 (27 juin
» 1803). — Rapport sur l'appareil de M. Allizeau (com-
» missaires, MM. Charles et Halley). Pour éviter les ob-
» stacles que l'oxidation des pièces métalliques finit par
» opposer au développement des phénomènes électri-
» ques, on a imaginé de construire des piles dont les
» intermédiaires fussent des substances sèches. MM. Ha-
» chette et Desormes en ont donné un exemple, et notre
» collègue, M. Biot, a déjà obtenu à cet égard quelques
» succès dont il fera part à la Classe. (— M. Halley,
» rapporteur). Cet extrait a été réimprimé dans l'*Histoire*
» *du Galvanisme*, par P. Sue aîné, an 13-1805, 4e par-
» tie, pages 1-3.

» On trouve encore dans le *Manuel du Galvanisme*,
» par Joseph Izarn, an 12-1804, un vol. in-8°, p. 179, l'ar-
» ticle suivant, qui a pour titre : *Pile sèche de MM. Ha-*
» *chette et Desormes*. Ces deux savans physiciens ont fait
» de nombreuses recherches pour trouver le point le plus
» important, je veux dire une substance qui pût faire l'of-
» fice des rondelles humides sans éprouver, de la part des
» métaux, la même action qui décompose les liquides

» dont on a jusqu'ici imbibé les rondelles de carton ou » de drap.

» Après beaucoup d'autres essais, ils ont délayé de » l'amidon dans une dissolution saline bien concentrée, » et en assez grande quantité pour en former des rondelles » solides, qu'ils ont rendues sèches, etc. »

---

## AN ESSAY on Dew, etc. *Essai sur la Rosée, et sur divers Phénomènes qui ont des rapports avec elle.*

Par CHARLES-WILLIAM WELLS. D. M.

Traduit de l'anglais sur la 2ᵉ édition, par *Aug. J. Tordeux*, maître en pharmacie. (A Paris, chez *Crochard*. 1817.)

(Extrait.)

LE comité de la Société royale de Londres a décerné en 1816 le prix biennal fondé par le comte de Rumford, au *Traité sur la Rosée* du Dr Wells. Un tel témoignage et le prompt débit qu'a eu la première édition, nous dispensent de tout éloge. M. Tordeux a fait preuve de discernement en consacrant ses loisirs à la traduction d'un ouvrage qui montre ce que pourra devenir un jour la météorologie lorsque tous les phénomènes qu'elle embrasse seront étudiés avec la persévérance et le soin dont M. Wells vient de donner de si parfaits modèles. Les personnes qui ne sont pas à portée de consulter l'ouvrage

de ce savant trouveront, dans l'extrait détaillé que nous en donnons ici, l'indication de la presque totalité des expériences qu'il renferme, et un aperçu de l'ingénieuse théorie qui sert à les expliquer.

## § Ier.

### *Des Circonstances qui ont quelque influence sur la production de la rosée.*

La rosée ne se dépose *en grandes quantités* que pendant les nuits *calmes et sereines*. On en aperçoit quelques traces dans des nuits couvertes s'il ne fait pas de vent, ou malgré le vent, si le temps est clair; mais il ne s'en forme jamais sous les influences réunies du vent et d'un ciel sombre.

Si le temps, après avoir été calme et serein pendant une partie de la nuit, devient ensuite venteux et couvert, la rosée cesse non-seulement de se former, mais on observe même que celle qui déjà avait mouillé les plantes disparaît tout-à-fait, ou du moins diminue considérablement.

Un *léger* mouvement de l'air favorise plutôt qu'il ne contrarie la formation de la rosée.

Dans des nuits *également* calmes et sereines, la rosée se précipite néanmoins en quantités très-inégales (1). Ainsi

(1) Dans les expériences où il importait de comparer les quantités d'humidité qui se précipitent dans telle ou telle autre exposition, sous telle ou telle autre circonstance atmosphérique, etc., M. Wells se servait de flocons de laine du poids de 10 grains chacun, auxquels il donnait la forme d'un sphé-

elle est plus abondante immédiatement après la pluie qu'après un certain nombre de jours de sécheresse; par les vents du sud et de l'ouest, qui, chez nous, viennent de la mer, que pendant les vents du nord et de l'est. En Egypte, au contraire, au sud de la Méditerranée, on en trouve à peine des traces, si ce n'est lorsque les vents du nord soufflent. En général, et comme il était naturel de s'y attendre, tout ce qui augmente l'humidité de l'air, tout ce qui fait marcher l'hygromètre vers le terme de la saturation, paraît favoriser la production de la rosée.

A parité de circonstances, la rosée n'est jamais plus abondante que dans des nuits claires qui sont suivies de matinées brumeuses : la formation du brouillard, le matin, prouve que l'atmosphère contenait précédemment une grande quantité d'humidité.

Les circonstances favorables à une précipitation abondante de rosée se rencontrent plus généralement réunies au printemps, et surtout en automme, qu'en été. L'auteur rappelle un fait qui doit être lié au précédent, savoir : que les différences entre les températures du jour et celles de la nuit ne sont jamais plus grandes qu'au printemps et en automne.

Il n'est pas exact de dire, comme quelques physiciens

---

roïde aplati dont le plus grand axe égalait environ 2 pouces. La laine était blanche, d'une finesse médiocre, et déjà imbibée d'une petite quantité de vapeur aqueuse, puisqu'elle était conservée dans une chambre sans feu. Cette substance répondait parfaitement aux vues de l'auteur : elle admettait facilement entre ses fibres l'humidité qui s'était déposée à la surface et la retenait fortement.

l'on fait, que la rosée ne se forme que le soir et le matin. A quelque heure de la nuit qu'on expose un corps à l'air par un ciel serein, il se couvre d'humidité.

Il est probable que dans des lieux abrités du soleil, la rosée commence à se déposer aussitôt que la température de l'air diminue, c'est-à-dire vers les trois ou quatre heures de l'après-midi. Dans une telle exposition et par un temps sec, l'herbe est déjà sensiblement humide plusieurs heures avant le coucher du soleil; néanmoins on aperçoit rarement de petites gouttelettes tant que cet astre est sur l'horizon; le matin, après son lever, celles de la nuit continuent à grossir.

A parité de circonstances, il se forme moins de rosée entre le coucher du soleil et minuit, qu'entre minuit et le lever, quoique l'air, à cette seconde époque, ait déjà perdu une portion de son humidité. Il est bon de noter que, généralement, la dernière partie de la nuit est plus froide que l'autre.

Les phénomènes de la précipitation de la rosée sur un corps dense et poli, sur une plaque de verre, par exemple, ressemblent parfaitement à ceux qu'on observe lorsqu'un tel corps est exposé à de la vapeur d'eau plus chaude que lui. Une couche légère et uniforme d'humidité ternit d'abord la surface, y forme ensuite de petites gouttelettes irrégulières et aplaties, qui se réunissent après avoir acquis un certain volume, et ruissellent alors dans toutes sortes de directions.

Les *métaux polis* attirent moins puissamment la rosée que les autres corps.

Cette propriété est assez tranchée pour avoir induit des physiciens très-habiles à affirmer que ce liquide ne

les mouille jamais. Sous des circonstances très-favorables, M. Wells a aperçu toutefois une légère couche d'humidité sur la surface de quelques miroirs d'or, d'argent, de cuivre, d'étain, de platine, de fer, d'acier, de zinc et de plomb. Presque jamais on n'y remarque même ces plus petites gouttelettes qui, sur l'herbe, sur le verre, etc., caractérisent les premiers instans de la précipitation du liquide.

Un métal mouillé à dessein se sèche quelquefois dans la même situation où d'autres corps deviennent très-humides.

Cette inaptitude des métaux à se couvrir de rosée se communique aux corps qui reposent sur leur surface. Un flocon de laine, exposé à un ciel serein, se chargera, sur un miroir de métal, de moins d'humidité que s'il était placé sur une lame de verre.

Réciproquement, les substances sur lesquelles les métaux reposent influent à leur tour sur la quantité de rosée qui mouille ces derniers. Une feuille quadrangulaire de papier doré ayant été attachée par de la colle à une croix formée de deux tiges légères de bois de 4 pouces de long, d'un tiers de pouce de large et d'un pouce d'épaisseur, on exposa le tout à l'air, à 6 pouces du sol, et le côté doré en dessus. Après quelques heures, la partie du papier qui débordait la croix était couverte d'une multitude de petites gouttes de rosée, tandis que celle qui adhérait au bois était restée parfaitement sèche.

On facilite la précipitation de la rosée sur une plaque de métal qui repose sur le sol, en la transportant plusieurs fois dans la nuit d'une place à une autre.

Une large plaque métallique, portée sur l'herbe, se

couvre moins facilement de rosée qu'une plus petite. Si l'une et l'autre sont *suspendues* horizontalement et à la même hauteur dans l'air, on observe tout le contraire.

Tous les métaux ne résistent pas également à la formation de la rosée. Ainsi, par exemple, on voit parfois le platine, le fer, l'acier et le zinc, distinctement couverts de ce fluide, pendant que l'or, l'argent, le cuivre et l'étain, quoique semblablement situés, se conservent parfaitement secs.

L'état mécanique des corps influe sur la quantité de rosée qu'ils attirent. Des copeaux de bois très-menus, par exemple, s'humectent beaucoup plus, dans un certain espace de temps, qu'un morceau épais de la même substance. Le coton non filé paraît aussi attirer un peu plus de rosée que la laine, dont les filamens sont généralement moins déliés.

---

La quantité de rosée qui se précipite sur les corps ne dépend pas seulement de leur constitution et de leur nature, mais encore de leur situation par rapport aux objets circonvoisins.

Tout ce qui tend, en général, à diminuer l'*étendue de la portion du ciel qui peut être aperçue de la place que le corps occupe, diminue la quantité de rosée dont celui-ci se recouvre.*

Pour prouver ce principe : « Je plaçai, dit l'auteur,
» dans une nuit calme et sereine, 10 grains de laine sur
» une planche peinte de 4 ½ pieds de long, 2 pieds de large,
» un pouce d'épaisseur, et qui était soutenue, à 4 pieds
» au-dessus de l'herbe, par quatre appuis de bois très-

» mince et d'égale hauteur ; en même temps j'attachai, mais
» sans trop les serrer, 10 grains de laine au milieu de sa
» face inférieure. Les deux touffes étaient conséquem-
» ment à un seul pouce de distance, et se trouvaient
» également exposées à l'action de l'air. Cependant, le
» lendemain matin, je trouvai que la touffe supérieure
» s'était chargée de 14 grains d'humidité, tandis que
» l'inférieure n'en avait attiré que 4. Une seconde nuit,
» ces quantités d'humidité furent respectivement 19
» et 6 grains; une troisième 11 et 2; une quatrième
» 20 et 4: c'était toujours la laine attachée à la face in-
» férieure de la planche qui acquérait le moins de
» poids. »

On observait de plus petites différences quand la seconde touffe n'occupait pas, comme dans l'expérience que je viens de rapporter, une place d'où l'on ne découvrait presque aucune portion du ciel. Ainsi 10 grains de laine placés sur l'herbe, et verticalement au-dessous de la planche, acquirent dans une première nuit un excédant de poids de 7 grains; dans une seconde de 9; dans une troisième de 12. Sous les mêmes circonstances une quantité égale de laine placée aussi sur l'herbe, mais tout-à-fait à découvert, se chargea de 10, 16 et 20 grains d'humidité; la planche, dans la première expérience, masquait la presque totalité du ciel, la laine étant en contact avec sa face inférieure : ici, à la distance de quatre pieds, une portion considérable du ciel était visible de la place que la laine occupait.

On pourrait peut-être imaginer que la rosée tombe à la manière de la pluie ; et que la planche n'en garantit la laine que mécaniquement; mais, dans cette supposition,

il serait difficile d'expliquer comment la touffe qui était attachée au milieu de la face inférieure de la planche était devenue humide. Pour lever au surplus toute espèce de doute à cet égard, M. Wells plaça verticalement sur l'herbe un cylindre de terre cuite ouvert à ses deux bouts, ayant 2 ½ pieds de hauteur et un pied de diamètre. Un flocon de 10 grains de laine qui occupait le centre de la base inférieure de ce cylindre, ne se chargea dans une nuit que de 2 grains d'humidité, tandis que, pour un flocon semblable, mais tout-à-fait à découvert, l'augmentation de poids fut de 16 grains : cependant, comme il ne faisait pas le moindre vent pendant l'expérience, les deux flocons de laine auraient certainement reçu la même quantité de rosée si celle-ci tombait verticalement, comme quelques physiciens l'ont supposé (1).

Des corps de même nature et semblablement placés relativement au ciel, attirent néanmoins des quantités inégales de rosée s'ils sont diversement situés par rapport au sol. *Dix* grains de laine placés sur une planche à 4 pieds

---

(1) Comme il serait possible qu'on prétendît qu'une partie notable de l'humidité dont une touffe de laine se charge pendant la nuit résulte de l'action *hygroscopique* que ses filamens exercent sur la vapeur atmosphérique, M. Wells remarque que, dans des lieux privés de l'aspect du ciel, il n'a pas observé que 10 *grains de laine* aient jamais acquis, dans une nuit, un poids appréciable. L'effet est encore moindre, s'il est possible, par un temps couvert, quoiqu'alors, à cause de l'abondance des vapeurs, l'effet hygroscopique de la laine doive être à son *maximum*.

de terre acquérait, dans une nuit, un excédant de poids de 20 grains, pendant qu'un flocon pareil suspendu à 5 ½ pieds de hauteur n'absorba que 11 grains, quoiqu'il présentât une plus grande surface à l'air. Une autre fois, la laine sur la planche gagna 19 grains, alors qu'une touffe semblable suspendue dans l'air, de niveau avec elle, n'en gagna que 13.

### *Du froid qu'on observe pendant la formation de la rosée.*

*La température de l'herbe couverte de rosée est toujours plus basse que celle de l'air.*

Les thermomètres dont M. Wells se servait dans les expériences relatives au froid qui accompagne la rosée avaient de très-petites dimensions; les diamètres des boules surpassaient à peine 2 lignes; les échelles étaient d'ivoire ou de bois, et graduées suivant la méthode de Fahrenheit; mais nous avons tout ramené aux indications de l'échelle centigrade.

Ces thermomètres, placés sur l'herbe courte, marquaient souvent, dans des nuits calmes et sereines, 4°, 5°, 6°, et même une fois 7°,8 centigrades de moins qu'un thermomètre semblable dont la boule était 1m,2 (4 pieds) au-dessus du sol.

Par un temps calme et serein, cette différence entre la température de l'herbe et celle de l'air qui la touche, commence à se faire sentir dans des lieux abrités des rayons du soleil et d'où l'on découvre une grande portion du ciel, aussitôt que la chaleur de l'atmosphère

diminue. Sous des circonstances analogues, elle persiste, le matin, quelque temps après le lever du soleil.

Pendant des nuits très-sombres, surtout s'il fait du vent, l'herbe n'est jamais plus froide que l'air; quelquefois même elle est plus chaude. Si le temps est calme et les nuages très-élevés, on observe parfois une petite différence de température entre l'herbe et l'air, comme aussi par un vent fort accompagné d'un ciel serein.

Si la nuit devient nuageuse après avoir été claire, la température de l'herbe s'élève aussitôt considérablement. La présence d'un nuage au zénith, pendant plusieurs minutes, suffit pour produire cet effet. Une nuit, dit M. Wells, l'herbe, après avoir été de 6°,7 centigrades plus froide que l'atmosphère, se réchauffa de 5°,6, sans que la température de l'air eût varié. Une autre fois, et dans l'espace de 45′, la température de l'herbe s'éleva de 8°,3 centig., tandis que celle de l'air voisin ne varia dans le même sens que de 1°,9.

De plusieurs thermomètres placés dans des situations différentes, pendant une même nuit, ceux-là sont les plus froids qui occupent les lieux où il se dépose le plus de rosée. Un thermomètre placé dans un flocon de laine au milieu de la planche élevée dont nous avons déjà parlé, marquait 5° centig. de moins qu'un second thermomètre en contact avec une égale quantité de laine attachée à la face inférieure de la même planche. La laine sur cette planche était une fois à 6°,6 centig.; dans l'air, à la même hauteur au-dessus du sol, un flocon pareil était de 2°,2 plus chaud.

La température des métaux descend rarement de 1° ou

2° centigr. au-dessous de celle de l'air ambiant. Lorsque cela arrive, les autres corps sont considérablement plus froids que l'atmosphère.

Les métaux qui se couvrent le plus aisément de rosée sont ceux qui se refroidissent le plus promptement pendant leur exposition à un ciel serein. Ce refroidissement n'est jamais bien grand : lorsqu'un miroir de métal a une certaine étendue, sa température ne descend guère, même dans les circonstances les plus favorables, que de 1°,5 à 2° centigrades au-dessous de celle de l'air. Il n'en est pas tout-à-fait de même si on emploie un métal peu étendu et mince, une feuille de papier doré, par exemple : le refroidissement est alors beaucoup plus sensible.

Le duvet de cygne est, de tous les corps que M. Wells a essayés, celui qui se refroidit le plus : une fois il était de 8°,3 centig. au-dessous de la température de l'air : aussi se charge-t-il d'une grande quantité de rosée.

La neige doit également être rangée au nombre des substances dont la température, pendant des nuits calmes et sereines, descend beaucoup au-dessous de celle de l'atmosphère. Dans une grande place de Londres, l'auteur a observé parfois des différences qui s'élevaient à plus de 5° centigrades. En rase campagne, M. P. Wilson avait trouvé antérieurement jusqu'à 8°,9.

## § II.

### *Théorie de la Rosée.*

On vient de voir qu'il règne la plus parfaite analogie entre la faculté qu'ont les corps d'attirer l'humidité de l'air, et la propriété non moins curieuse dont ils jouissent de se refroidir, pendant des nuits calmes et sereines, beaucoup plus que l'atmosphère.

Mais le froid qu'on observe sur les corps recouverts de rosée est-il la cause ou *la conséquence* de la précipitation de ce fluide ? Telle est la question importante qu'amènent les résultats variés que nous venons d'énoncer.

M. Wells adopte la première opinion et en prouve l'exactitude en montrant, 1° que, *sous certaines circonstances, les corps deviennent plus froids que l'air, sans néanmoins se couvrir d'humidité*; et 2° que le froid, quand il est accompagné de rosée, n'est pas à beaucoup près proportionnel à la quantité qui s'en dépose.

*Par un temps sec*, dix grains de laine placés sur une planche élevée étaient déjà de 7°,7 centigrades plus froids que l'air avant d'avoir acquis le moindre excédant de poids, comme on le reconnut avec une balance qui trébuchait à $\frac{1}{16}$ de grain ; tandis que, par un second état de l'hygromètre, une différence de température beaucoup plus petite, les autres circonstances étant d'ailleurs absolument semblables, était accompagnée d'une précipitation d'eau qui montait à 18 ou 20 grains.

*Le refroidissement des corps précède donc toujours l'apparition de la rosée.* Par conséquent on pourra assimiler sa formation à la précipitation d'humidité qu'on observe sur les parois d'un vase dans lequel on vient de verser un liquide plus froid que l'air.

Il reste maintenant à découvrir, pour compléter l'explication du phénomène, quelle est la cause qui, dans des nuits calmes et sereines, abaisse la température des corps beaucoup au-dessous de celle de l'air qui les baigne.

Suivant le D[r] Wells, cette cause est *la faible vertu*

*rayonnante d'un ciel serein*. Pour bien apprécier les idées de l'auteur à ce sujet, il faut se rappeler que, suivant la théorie admise par la plupart des physiciens, les corps *rayonnent* du calorique dans tous les sens et en quantités plus ou moins considérables, suivant leur nature, l'état de leur surface et le degré de chaleur où ils ont été amenés.

C'est à l'aide de ces rayons seulement qu'un point échauffé peut agir à distance sur un second point séparé de lui par un espace plus ou moins étendu et tout-à-fait vide. Un corps ne perd rien de sa température actuelle lorsqu'il reçoit des corps environnans une quantité de chaleur égale à celle qui à chaque instant émane de sa propre surface; mais il s'échauffe ou se refroidit si ces échanges instantanés ne se compensent pas parfaitement. Écoutons maintenant notre auteur.

« Prenons un petit corps qui rayonne librement le » calorique, et qui soit, aussi-bien que l'atmosphère, à » une température supérieure à zéro (1). Plaçons-le, » par un temps calme et serein, sur un corps mauvais » conducteur, et qui repose lui-même sur le sol dans une » plaine vaste et découverte; imaginons qu'un firma- » ment de glace (eau gelée) existe à une hauteur quel- » conque au-dessus de l'atmosphère : dans cette si-

(1) C'est par erreur que la traduction de M. Tordeux porte « que le corps possède en commun avec l'atmosphère une température de 0°,0 ». S'il en était ainsi, le raisonnement de l'auteur n'aurait aucun sens; aussi lit-on dans l'original: « *And possesses a temperature, in common with the atmosphere*, higher *than* 32° *Fahrenheit*. »

» tuation, le petit corps descendra en peu d'instans » au-dessous de la température de l'air environnant. En » effet, ce corps rayonne du calorique de bas en haut » sans que la sphère de glace (qui est à une température » inférieure) puisse lui restituer tout ce qu'il perd. Il » n'en reçoit aussi que très-peu de la terre, puisque, par » hypothèse, un mauvais conducteur les sépare; laté- » ralement il n'existe aucun corps solide ou fluide qui » puisse rien communiquer par rayonnement ou par con- » ductibilité. L'air seul pourrait produire quelque effet; » mais, dans l'état de calme, la chaleur qui sera com- » muniquée d'une partie de l'air à l'autre est trop petite » pour qu'il soit possible d'admettre que cette cause » répare entièrement les pertes du petit corps; il devra » donc se refroidir et condenser la vapeur contenue dans » l'air environnant. Des circonstances analogues aux pré- » cédentes ont lieu quand la rosée se dépose sur une » prairie de niveau et découverte pendant les nuits cal- » mes et sereines : *les parties supérieures de l'herbe » rayonnent leur calorique vers les régions vides de l'es- » pace et n'en reçoivent rien en échange; les parties infé- » rieures, très-peu conductrices, ne peuvent leur trans- » mettre qu'une petite partie de la chaleur terrestre* (1) :

---

(1) Pour montrer combien l'influence de la conductibilité doit être sensible dans les phénomènes qui nous occupent, M. Wells a fait l'expérience suivante :

Un verre à boire dont le fond était plat et épais fut enfoncé verticalement dans du terreau de jardin non comprimé, de manière que son contour supérieur était justement au niveau du sol; un verre tout pareil fut simplement posé à

» *comme d'ailleurs elles ne reçoivent rien latéralement*
» *et très-peu de chose de l'atmosphère, elles doivent se*
» *maintenir plus froides que l'air, et condenser la vapeur*
» *qui y est mêlée, si toutefois celle-ci est assez abon-*
» *dante, eu égard à la perte de chaleur que l'herbe a*
» *éprouvée* ».

Les observations que nous avons rapportées sur les refroidissemens inégaux des corps diversement situés se rattachent parfaitement à cette théorie. On voit, par exemple, pourquoi l'interposition d'un écran solide entre les corps et le ciel prévient leur refroidissement : la perte de calorique qu'un corps eût éprouvée en rayonnant vers l'espace est compensée plus ou moins exactement par le rayonnement en sens contraire de la surface inférieure de l'écran; car la température de cette surface doit peu différer de celle de l'air qui la touche. Les nuages tiennent lieu de cet écran, et empêchent ou amoindrissent le refroidissement nocturne précisément de la même manière. Il faut seulement ajouter que les nuages devant jouir d'une température à-peu-près égale à celle de la couche d'air qu'ils occupent, compenseront d'autant moins complètement, par leur rayonnement propre, la perte de chaleur des corps terrestres, qu'ils seront plus élevés; ce qui est conforme aux observations.

---

côté, l'ouverture en dessus. Ils restèrent ainsi toute une nuit. Le lendemain matin, l'intérieur du premier verre était entièrement sec, tandis que le second renfermait de la rosée : le fond de celui-ci était à $+9°,7$ centigrades; le fond du verre enfoncé à $+13°,3$. Un thermomètre dans l'air marquait alors $+11°,6$.

Quant aux vents, ils amènent continuellement sur les corps de nouvelles couches chaudes et leur restituent ainsi la totalité ou une grande partie du calorique que le rayonnement leur enlève. Les vents et les nuages empêchent donc la production de la rosée ou en diminuent la quantité, en prévenant ou en affaiblissant le refroidissement nocturne qui en est la cause immédiate.

Les observations diverses que nous avons rapportées dans les deux premiers paragraphes de cet extrait s'expliquent tout aussi naturellement. On ne manquera pas de remarquer, par exemple, que les métaux qui se refroidissent le plus difficilement, et que la rosée atteint les derniers, savoir : l'or, l'argent, le cuivre et l'étain, sont précisément ceux auxquels M. Leslie a reconnu, par des expériences directes, la plus faible vertu rayonnante. La conductibilité est encore ici un élément important. Comme elle est très-considérable dans les métaux, elle les fait participer promptement à la chaleur terrestre, et atténue beaucoup leur refroidissement nocturne. Aussi remarque-t-on que le platine, le moins conducteur de tous, est celui qui prend le plus de rosée.

Dans un corps bon conducteur, toutes les couches se mettent promptement en équilibre de température ; le rayonnement vers l'espace a à peine refroidi la surface supérieure, que les parties inférieures lui transmettent une portion de leur calorique. Un miroir de métal ne se couvrira donc de rosée que lorsque toute sa masse sera plus froide que l'air. Sur un corps mauvais conducteur, le refroidissement, s'arrêtant presque à la surface, est à-la-fois plus prompt et plus intense. Un miroir de métal

suspendu à plusieurs pieds au-dessus du sol sera donc humide à sa *surface inférieure* si la rosée a mouillé la face opposée. Dans une semblable situation, la surface inférieure d'un corps mauvais conducteur reste tout-à-fait sèche, alors même que le côté tourné vers le ciel se couvre d'une quantité considérable d'humidité.

Un corps, de quelque nature qu'il soit, se refroidit moins aisément lorsqu'il est isolé, que s'il repose sur un support de quelque étendue et horizontal. Dans le premier cas, les couches d'air, à peine refroidies par le corps, descendent aussitôt à cause d'un léger excès de gravité, et sont immédiatement remplacées, même dans le temps le plus calme, par de nouvelles couches chaudes. Ce mouvement ne peut avoir lieu dans le second cas : de là l'explication des effets différens qu'on observait suivant que les flocons de laine étaient isolés, ou qu'ils reposaient sur une planche à la même hauteur au-dessus du sol (1).

---

(1) En admettant la justesse de l'explication que nous venons de donner, on conçoit que, dans les climats tempérés, la rosée ne doit jamais se déposer sur les parties nues du corps humain, puisque leur température est toujours supérieure à celle de l'air. Dans la zone torride, il serait possible, au contraire, dit M. Wells, que la rosée se montrât sur les mains, la figure, etc., même en plein jour.

Notre auteur a déduit de ses observations une conséquence dont on sentira facilement l'utilité, savoir : que les hygromètres formés à l'aide de substances animales ou végétales, lorsqu'on les expose à l'air par un ciel serein, indiquent un degré d'humidité supérieur à celui qui existe effectivement

Il n'est, en un mot, aucun phénomène connu parmi tous ceux qui se rapportent à la formation de la rosée, dont un lecteur attentif ne puisse donner une explication satisfaisante en partant du principe que ce fluide ne se dépose sur les corps qu'après qu'ils ont été préalablement refroidis par leur rayonnement vers l'espace.

## § III.

### *De plusieurs Phénomènes qui ont des rapports avec la rosée.*

La première observation de M. Wells est relative à l'humidité qui se précipite, surtout en hiver, sur la face intérieure des vitres aux fenêtres des appartemens. Il a remarqué, à cet égard, une différence entre les carreaux qui se trouvent derrière un volet intérieur fermé et ceux qui restent à découvert : les premiers sont toujours plus humides que les autres. Le volet intérieur prive les vitres qu'il recouvre de tout le calorique qui émane, par rayonnement, des murs de la chambre et des objets qu'elle

---

dans l'atmosphère, puisque ces substances, après s'être refroidies par leur rayonnement vers le ciel, doivent, par cela seul, se couvrir d'une couche plus ou moins épaisse de rosée.

On conçoit aussi que le rayonnement propre à l'enveloppe vitreuse qui contient le mercure dans les thermomètres peut abaisser ces instrumens au-dessous de la température de l'air dans lequel ils sont plongés. Un écran placé de manière à dérober la vue du ciel préviendra les erreurs de cette espèce.

renferme; et ce qui prouve l'exactitude de l'explication, c'est qu'un thermomètre en contact avec les vitres recouvertes marquait depuis 0°,6 jusqu'à 2°,8 centigrades de moins que celui qui reposait sur les autres. A peine est-il nécessaire de dire qu'un volet extérieur produirait un effet contraire.

L'auteur croit avoir remarqué que quand on passe d'un appartement à l'air libre, la sensation du froid est plus vive (la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur étant néanmoins toujours la même) la nuit que le jour, par un temps serein que par un ciel couvert, à la campagne que dans les villes. Il trouve l'explication de ces effets dans le rayonnement de notre propre corps vers les régions vides de l'espace : le jour, et par un temps couvert, nous recevons de l'atmosphère, sinon la totalité, du moins une grande partie des rayons perdus: les objets environnans, dans une ville, doivent aussi atténuer la perte; mais, la nuit, à la campagne et sous un ciel serein, le refroidissement peut être très-marqué.

« J'avais souvent souri, avec cette présomption qui
» accompagne les demi-connaissances, dit M. Wells, en
» voyant par quels moyens les jardiniers espèrent ga-
» rantir les plantes les plus délicates de l'action du froid;
» car il me paraissait impossible qu'une natte mince,
» ou tel autre abri aussi léger, pût les empêcher d'ac-
» quérir la température de l'atmosphère, la seule qui
» me semblât devoir leur nuire; mais lorsque j'eus dé-
» couvert que les corps placés à la surface de la terre
» deviennent plus froids que l'atmosphère, dans des nuits
» calmes et sereines, en rayonnant leur chaleur vers le

» ciel, je sentis aussitôt l'importance d'une pratique qui » jusque là m'avait semblé inutile. »

Pour acquérir toutefois des notions exactes à ce sujet, M. Wells fixa dans le sol, et aux quatre angles d'un carré de 2 pieds de côté, quatre piquets minces qui s'élevaient perpendiculairement de 6 pouces. Il attacha ensuite au bout des piquets les quatre angles d'un mouchoir de batiste très-fin, et reconnut que la température du gazon était toujours un peu plus élevée dans la partie abritée par cet écran léger que sur les portions voisines et tout-à-fait à découvert, du moins lorsque celles-ci étaient plus froides que l'air. Une fois il trouva que l'herbe recouverte était de 6°,1 centigrades plus chaude que l'air; ce qui suffit pour expliquer l'utilité des abris.

Un abri d'une certaine nature garantit également bien le sol à quelque hauteur qu'il soit placé, si ses dimensions varient avec l'éloignement, de manière à intercepter toujours la même étendue du ciel. Il faut cependant éviter le contact. Le gazon sur lequel *reposait* une pièce de toile était parfois de 2°,5 centigrades plus froid que l'herbe garantie par un écran tout pareil, mais soutenu à la hauteur de quelques pouces.

Un mouchoir ayant été tendu verticalement sur un pré à l'aide de deux bâtons, on observa qu'un thermomètre sur l'herbe, au pied du mouchoir, du côté du vent, marquait jusqu'à 3°,3 centigr. de plus qu'un thermomètre voisin, mais qui ne correspondait pas au mouchoir. Cette expérience montre que les murs des espaliers garantissent les plantes qui les touchent, non-seulement, ainsi qu'on le suppose généralement, en leur distribuant la nuit la chaleur qu'ils ont reçue le jour et en arrêtant mécani-

quement les vents froids, mais encore en prévenant en partie la perte de calorique que les plantes auraient éprouvée par leur rayonnement, si le mur ne leur avait pas caché une grande portion du ciel.

La neige garantit, comme on sait, les plantes qu'elle recouvre pendant l'hiver, des effets du froid de l'atmosphère. On doit ajouter, d'après les recherches de M. Wells, qu'elle prévient, et ce n'est pas un de ses moindres avantages, ce rayonnement vers le ciel, qui, par des nuits calmes et sereines, donne aux corps terrestres une température de plusieurs degrés inférieure à celle de l'air.

Pline, Plutarque et d'autres anciens auteurs attribuaient à la lumière de la lune la propriété d'accélérer la putréfaction des substances animales. Ce qui a pu donner quelque crédit à cette opinion, c'est que lorsque la lune brille, le ciel est serein; en sorte que les substances animales exposées à l'air doivent se charger d'une grande quantité de rosée, et se trouver, pendant la chaleur du lendemain, dans les circonstances où la putréfaction se développe le plus aisément.

La formation artificielle de la glace au Bengale, pendant la nuit et par des températures supérieures à *zéro*, est le dernier fait auquel M. Wells applique sa théorie. Suivant sir R. Barker, les *fabricans de glace* pratiquent, dans une plaine découverte, des excavations carrées de 30 pieds de côté et de 2 pieds de profondeur. Ils couvrent le fond, jusqu'à une épaisseur de 8 à 12 pouces, de cannes à sucre ou de tiges de maïs; ensuite ils placent sur cette couche des files de *petites* terrines non vernissées, épaisses de $\frac{1}{4}$ de pouce, profondes de 1 pouce $\frac{1}{4}$, et rem-

plies *d'eau douce bouillie* (1). Les parois de ces vases sont assez poreuses pour que l'eau suinte légèrement à travers. M. Barker nous apprend que les nuits calmes et sereines sont celles où l'opération réussit le mieux; que les nuages et les changemens de vent empêchent souvent la formation de la glace, et enfin, que si on s'en procure assez aisément par ce procédé pendant l'hiver, il est très-rare, au contraire, d'en trouver dans ces contrées qui se soit produite naturellement.

D'autres détails ont été fournis par M. Williams, et insérés dans le 83e volume des *Transactions philosophiques*. La *Manufacture* qu'il a décrite emploie trois cents personnes, a été formée par spéculation, et doit conséquemment avoir adopté la meilleure méthode. Un terrain assez bien nivelé et d'environ 4 acres, est divisé en

(1) Ne semblerait-il pas résulter, comme M. Maurice l'a remarqué, du passage suivant de Pline l'ancien, que les Romains n'étaient pas étrangers aux procédés qui servent à transformer l'eau en glace? Nous empruntons la traduction de M. Gueroult. (Voy. *Morceaux choisis, etc.*, première édition, page 293.)

« Il y a aussi des eaux privilégiées; et l'argent a su mettre » des distinctions, même entre les élémens de la nature. Les » uns boivent de la neige, et les autres de la glace. Le fléau » des montagnes est devenu une jouissance pour la sensualité. On conserve la glace pour les feux de l'été. On a le » secret de faire geler (durcir?) la neige dans les mois les plus » brûlans. *D'autres font bouillir l'eau pour la transformer* » *en glace un moment après*. Nulle chose ne plaît à l'homme » comme elle plaît à la nature, etc. »

carrés de 4 à 5 pieds de côté, entourés d'un petit rebord de terre de 4 ou 5 pouces de hauteur. Dans ces compartimens, couverts de paille ordinaire ou de cannes à sucre sèches, on place autant de terrines larges, profondes, non vernissées et remplies d'eau *de puits non bouillie*, qu'ils peuvent en contenir. Il ne se produit généralement beaucoup de glace que quand l'air est calme; le vent empêche tout-à-fait la congélation d'avoir lieu. Un thermomètre placé sur la paille, entre les terrines, ne fut jamais, pendant les expériences de M. Williams, au-dessous de + 1°,7 centigrades. Une fois même l'eau était gelée dans les vases, quoique le thermomètre sur la paille marquât + 5°,6.

Sir R. Barker, M. Williams, et tous les auteurs qui ont parlé de ce moyen artificiel de faire de la glace au Bengale, l'expliquent par le froid que produit l'évaporation. M. Wells ne partage pas cette opinion.

Il remarque, 1° que le vent, qui favorise tant l'évaporation, est, d'après le propre témoignage de MM. Barker et Williams, un obstacle à la production de la glace; 2° que les nuits où celle-ci se forme en grandes quantités sont quelquefois abondantes en rosée, et qu'il implique contradiction de supposer d'une part qu'une portion de l'air est sur-saturée et dépose de l'humidité, tandis que de l'autre la portion voisine viendrait se charger d'une partie de l'eau contenue dans les vases; 3° que si la paille est humide, l'opération ne réussit pas, ce qui ne saurait s'expliquer dans le système qu'il réfute; 4° qu'en admettant que l'évaporation suffise pour produire la première lame de glace dont l'eau se recouvre, on ne concevrait guère comment ensuite elle augmente d'épaisseur,

puisque l'évaporation par la parois doit être empêchée par la couche de graisse dont, suivant M. Williams lui-même les vases sont enduits intérieurement, etc., etc.

Après avoir montré que l'évaporation doit avoir peu d'influence sur la formation de la glace dans les méthodes suivies au Bengale, M. Wells expose les raisons qui le portent à supposer que l'effet dépend du rayonnement du calorique vers le ciel.

Or, il rappelle que c'est précisément là la cause à laquelle on doit l'abaissement de température très-sensible qu'éprouvent quelquefois les corps à la surface de la terre; que l'eau, d'après M. Leslie, a un pouvoir rayonnant supérieur peut-être à celui de toutes les autres substances connues, en sorte qu'il est facile de concevoir comment elle peut descendre de 10 à 12° centigrade au-dessous de la température de l'air environnant; et enfin que les mêmes causes (les vents et les nuages) qui font cesser le rayonnement nocturne empêchent aussi la production de la glace. Du reste, pour lever toute espèce de doute à cet égard, l'auteur essaya de faire geler de l'eau à Londres même, par des températures plus ou moins élevées au-dessus de zéro, et en suivant la méthode des Indiens.

Dans un premier essai et en imitant le procédé décrit par sir R. Barker, de l'eau douce bouillie contenue dans des vases de terre vernissés ou non, placés sur une couche de paille sèche au fond d'une excavation longue de 4 pieds, et profonde de 2, se gela, quoique la température de l'air à 2 $\frac{1}{2}$ pieds au-dessus du sol fût alors de + 2°,5. L'eau contenue dans un verre de montre sur le gazon se

gela plus tôt encore, et avant que l'air à 4 pieds du sol fût descendu à + 4°,0.

En suivant la méthode de M. Williams, l'auteur obtint des résultats analogues.

Une troisième expérience prouva enfin que l'eau peut geler, dans certaines circonstances, à une température supérieure à zéro, et sans rien perdre de son poids, comme cela devrait être cependant si l'évaporation était la véritable cause de ce phénomène.

Deux onces d'eau à + 1°,1 centigrade furent versées dans une soucoupe de porcelaine dont la température était aussi supérieure à zéro. Cette soucoupe fut placée en plein air par un temps calme et serein, et sur un lit de paille sèche; l'eau qu'elle contenait gela dans la nuit, et son poids, néanmoins, s'accrut de 3 grains environ.

*Détails historiques.*

Maintenant que nous avons parcouru les trois sections dont se compose le traité du docteur Wells, il ne nous reste plus qu'à présenter un aperçu historique des opinions et des expériences auxquelles le phénomène de la rosée avait donné lieu jusqu'ici, tant parmi les modernes que chez les anciens; il nous suffira pour cela de réunir les citations que M. Wells a faites lui-même dans divers paragraphes de son intéressant ouvrage, et d'y joindre quelques détails qui lui ont échappé.

Aristote avait déjà parfaitement remarqué, dans son *Traité des Météores*, que la rosée ne se dépose que pendant les nuits calmes et sereines. Ce fait, qui se rattache très-bien, comme on a pu voir plus haut, à la théorie du docteur Wells, a toutefois été révoqué en doute par quelques physiciens modernes. Musschenbroek, par exemple, dit qu'en Hollande la rosée se montre en abondance alors même que les couches inférieures de l'atmosphère sont chargées d'un épais brouillard; mais

comme il ajoute, en même temps, que dans ces circonstances on en trouve aussi-bien sur les métaux que sur les autres corps, il s'en suit que cette espèce d'humidité n'était pas de la rosée proprement dite. Quant au calme de l'atmosphère, M. Prieur le croyait si peu nécessaire, qu'il affirme (*Journal de l'École Polytechnique*, t. II, p. 409): « Qu'un vent venant toujours du côté du soleil accom» pagne constamment cette précipitation d'eau » ; mais une telle opinion n'est guère soutenable, surtout si l'on remarque que la rosée se précipite sans interruption depuis le coucher jusqu'au lever du soleil.

On doit aussi faire honneur à Aristote (1) de l'observation que la rosée est moins abondante sur les montagnes que dans les plaines, et de l'opinion généralement admise maintenant parmi les physiciens, que la *gelée blanche* se dépose d'abord sous la forme de rosée proprement dite, et n'est gelée qu'après. Si l'on ajoute à cela qu'il avait reconnu que tel vent qui produit un certain effet dans une localité particulière, peut avoir un effet tout contraire dans un autre lieu, nous aurons rappelé toutes les notions positives que les anciens nous ont transmises sur les phénomènes de la rosée.

Suivant Aristote, la rosée est une espèce particulière de pluie qui se forme dans les couches inférieures de l'atmosphère, aussitôt que le froid de la nuit a condensé en petites gouttelettes les vapeurs aqueuses qu'elles contenaient. Telle est aussi, à très-peu près, l'explication qu'en donne en passant M. Leslie dans son ouvrage *On Heat and Moisture* (2). L'existence des courans qui mêlent sans cesse les couches supérieures et froides de l'atmosphère aux couches inférieures, est trop bien démontrée pour qu'il ne soit pas permis de supposer que ce mélange peut quelquefois donner naissance à la précipitation d'une petite quantité de vapeurs ; mais un tel effet, s'il existe, surtout par un ciel serein, ne saurait être que très-léger. On voit d'ailleurs qu'en admettant que la totalité de la rosée tombe à la manière de la pluie, on

(1) *Meteor.*, liv. I^er^, c. x.
(2) Page 132.

ne pourrait expliquer ni comment un flocon de laine, placé verticalement sous un écran, devient humide, ni comment les métaux exposés en plein air ne le deviennent pas.

L'observation que les cloches de verre avec lesquelles les jardiniers recouvrent les plantes pendant la nuit sont, le matin d'après, tapissées d'humidité en dedans, avait fait supposer que la rosée *s'élève de la terre* (1). On trouve les premières traces de ce système dans l'*Histoire de l'Académie* pour 1687. Gersten publia en 1733 une dissertation dans laquelle il prétendit prouver par un grand nombre d'expériences que telle est en effet l'unique origine de l'humidité qui, pendant un temps serein, se dépose à la surface des corps. Musschenbroek avait d'abord embrassé l'opinion de Gersten; mais il admit ensuite qu'il existe trois espèces de rosée : l'une, suivant lui, plus dense que les autres, *s'élève* des lacs, des rivières, des marais; une seconde *sort* des plantes et de la terre; et une troisième *tombe* d'en haut. Dufay chercha, en 1736, à faire revivre dans son entier le système du physicien allemand. Plusieurs auteurs plus modernes l'ont également adopté (2). Il ne sera donc pas inutile de rapporter ici quelques traits de l'examen que M. Wells en a fait.

On ne manquera pas d'abord de remarquer que l'expérience de la cloche renversée, en la supposant exacte, prouve seulement que les vapeurs terrestres peuvent donner une certaine quantité de rosée et non pas qu'elles en sont l'unique cause. Dufay puisait son principal argument dans l'observation qu'il avait faite que la rosée se montre d'autant plus vite sur les corps qu'ils sont placés plus près de la terre; mais ce fait s'explique tout naturellement

(1) En parlant de ce système dans l'*Histoire de l'Académie* pour 1736, Fontenelle disait : « En physique, dès » qu'une chose peut être de deux façons, elle est ordinai» rement de celle qui est la plus contraire aux apparences. » Ce serait, je crois, se hasarder un peu que de prendre ce principe à la lettre.

(2) *Voyez*, par exemple, *Mem. of American Academy*, vol. III.

d'après la théorie du docteur Wells; car, dans une nuit calme et sereine, les couches inférieures de l'air étant généralement plus froides que les couches plus élevées, arriveront plutôt que celles-ci au degré de température où elles abandonnent une partie de leur humidité. On pourrait ajouter, s'il était nécessaire, qu'un flocon de laine placé sur le milieu d'une planche horizontale et élevée, et garanti par conséquent de tout courant de vapeur ascendante, se charge néanmoins d'une plus grande quantité d'humidité qu'un flocon pareil suspendu librement dans l'air à la même hauteur. Du reste, s'il est très-facile de montrer que la rosée n'est pas due en *totalité* aux vapeurs terrestres, on aurait plus de peine à déterminer pour combien elles contribuent en général à sa formation, quoique tout porte à croire que ce doit être pour une proportion assez faible.

Les recherches que firent Musschenbroek et Dufay à l'occasion du système de Gersten, ne furent cependant pas tout-à-fait infructueuses: le premier découvrit que les métaux ne se couvrent pas de rosée; le second confirma cette curieuse remarque par des observations variées. Il prouva ensuite, contre l'opinion commune, que le *serein* du soir et la *rosée* du matin ne sont qu'un seul et même phénomène, et que l'humidité se précipite en quantités à-peu-près égales à toutes les heures de la nuit.

Les facultés inégales de rayonnement dont sont doués les corps de différentes natures n'étaient pas encore connues du temps de Dufay; les métaux présentaient donc alors un fait isolé et dont la cause était entièrement ignorée : aussi ce physicien se contenta-t-il d'ajouter à ses observations, seulement à titre de rapprochement, que les corps (les métaux) que la rosée ne mouille pas sont précisément ceux dans lesquels le frottement ne développe pas d'électricité (1). Pour faire sentir l'inexac-

(1) M. Wells s'est trompé, ce me semble, en attribuant à Dufay l'opinion que la rosée est un phénomène électrique; car ce physicien dit positivement, page 368 de son Mémoire : « Sans prétendre encore rien inférer du rapport que je vais faire remarquer, », et il mentionne seulement alors la grande conductibilité des métaux pour l'électricité. Plus bas, après

titude des systèmes qu'on a bâtis sur cette remarque, j'ajouterai, d'après M. Wells, que le charbon, qui, comme on sait, conduit très-bien l'électricité, a néanmoins la propriété d'attirer abondamment la rosée.

Suivant Musschenbroek, l'humidité qu'on observe sur les feuilles des plantes provient de leur propre transpiration : la preuve qu'il en donne est la suivante. Un pavot dont la tige passait au travers d'une petite ouverture pratiquée dans une large plaque de plomb, fut recouvert le soir d'une cloche de verre ; le lendemain matin les feuilles étaient chargées d'humidité, quoiqu'à l'aide de la disposition précédente et du lut qui bouchait le trou, elles eussent été privées de toute communication avec le sol et l'air extérieur.

En examinant attentivement cette expérience, on voit que tout ce qu'il est permis d'en conclure, c'est que les sucs qui transsudent par les vaisseaux excrétoires des végétaux peuvent entrer pour quelque chose dans la formation de la rosée ; mais on ne saurait assimiler la quantité de liquide qui se montre en vaisseaux clos, dans une atmosphère qui est bientôt saturée d'humidité et lorsque la plante est garantie du refroidissement nocturne, à celle qui se serait développée et maintenue sur chaque feuille en plein air. Les nombreuses expériences que M. Wells a faites sur la quantité de rosée dont se chargent des substances mortes, telles que la laine, le duvet de cygne, le verre, etc., montrent d'ailleurs suffisamment que la transpiration des plantes ne doit jouer dans le phénomène qui nous occupe qu'un rôle très-secondaire (1).

---

avoir rappelé que les métaux sont les seuls corps qui ne deviennent pas phosphorescens, il ajoute : « J'avoue que je suis bien éloigné de voir le rapport qu'il peut y avoir entre des propriétés si différentes; mais aussi je ne voudrais pas nier qu'il n'y en eût. »

(1) Les dispositions qu'affectent les gouttes de rosée sur les feuilles de quelques plantes ont été aussi présentées par Musschenbroek et d'autres physiciens comme une preuve que ce fluide est dû aux sucs qui s'échappent par les vaisseaux excrétoires. « De là vient, dit-on, que les gouttes de cette

Parmi tous les physiciens qui, avant M. Wells, avaient recherché les causes de la rosée, Leroy de Montpellier nous semble être un de ceux qui s'étaient le plus rapprochés du but.

Après avoir développé, par exemple, les raisons qui le portaient à considérer les vapeurs qui, la nuit, s'élèvent de la terre comme *une* des causes de la rosée, il ajoute (1) : « Les herbes ou les verres exposés à cette va-
» peur se refroidissent pendant la nuit autant que l'air,

---

» rosée diffèrent entr'elles en grandeur et en quantité, et
» occupent différentes places, suivant la structure, le dia-
» mètre, la quantité et la situation de ces vaisseaux excré-
» toires : tantôt on les voit rassemblées proche de la tige où
» commence la feuille, comme dans les choux et les pavots ;
» une autre fois elles se tiennent sur le contour des feuilles
» et sur toutes les éminences, comme cela se remarque sur-
» tout dans le cresson d'Inde. Elles se trouvent aussi assez
» souvent au sommet de la feuille, comme dans l'herbe des
» prés. On ne saurait trouver deux plantes de différentes
» espèces sur lesquelles la rosée soit disposée de la même
» manière. » (*Musschenbroek*, tome III, § 2345.) Le Roy de Montpellier a déjà remarqué que si, par exemple, on trouve ordinairement une quantité considérable de rosée à l'aisselle des feuilles de choux-fleurs, près de la tige, c'est qu'elle s'y amasse à raison de la déclivité ; et en effet, lorsqu'on les secoue légèrement, on voit toutes les gouttelettes répandues sur la superficie se réunir et rouler ensuite vers la naissance de la feuille. On pourrait d'autant moins attribuer le phénomène à des vaisseaux excrétoires particuliers, que lorsque le chou-fleur est avancé et que la feuille a pris une autre forme, la rosée, au lieu d'aller vers les aisselles, se porte sur ses bords, et s'y amasse en grosses gouttes sur les petites éminences dont ce bord est couvert. En combinant des considérations de ce genre avec la remarque du Dr Wells, que les parties saillantes des corps, comme ayant moins de masse, doivent se refroidir le plus, on expliquera fort simplement tous ces effets, et sans qu'il soit nécessaire, ainsi que l'ont fait quelques botanistes, de faire jouir ici le rôle principal à la petite quantité de sucs qui transsudent par les vaisseaux excrétoires.

(1) *Mémoires de l'Académie*, 1751, page 509.

» et par conséquent beaucoup plus que la terre, de sorte » que la vapeur qui s'en élève peut s'arrêter sur ces corps » sans être dissipée à mesure ». Le seul changement qu'il faudrait faire aujourd'hui à ce paragraphe pour le rendre parfaitement exact, serait d'ajouter que la température du verre, non-seulement devient plus froide que celle de la terre, mais encore qu'elle s'abaisse au-dessous de la température de la couche d'air dans laquelle il est plongé. Quant à l'humidité qui vient directement de l'atmosphère, M. Leroy l'explique moins heureusement, puisque, suivant lui, c'est toujours le refroidissement préalable de l'air qui en détermine la précipitation. La critique que ce physicien a faite des systèmes de Gersten, Musschenbroek et Dufay, est d'ailleurs extrêmement judicieuse, et diffère à peine de celle qu'on lit dans l'ouvrage du Dr Wells. On trouve encore dans le mémoire de M. Leroy cette observation, dont l'auteur anglais a vérifié depuis l'exactitude, que l'air est quelquefois tellement près du terme de la saturation, que, par un temps serein et *en plein jour*, il *dépose* de l'eau sur les plantes qui sont garanties des rayons du soleil.

Ce serait ici le lieu de rapporter quelques phénomènes curieux découverts par M. Bénédict Prevost, et pour l'explication desquels le savant docteur Young d'abord, et M. Pierre Prevost de Genève ensuite, avaient eu déjà recours aux principes du rayonnement; mais l'étendue que cet extrait a déjà acquise nous permettra seulement de les rappeler.

Les observations de M. B. Prevost sont relatives à l'influence que des armures métalliques exercent sur la quantité de rosée qui se dépose sur les vitres des appartemens. Tout le monde sait que lorsque l'air extérieur se refroidit la nuit, les vitres des fenêtres se couvrent d'humidité intérieurement, et qu'on observe tout le contraire si l'air du dehors est devenu plus chaud que celui de la chambre; mais collez sur la face d'un des carreaux, en dedans ou en dehors, une lame de métal poli : si cette lame est du côté froid, il se déposera peu ou point d'humidité sur la partie de la vitre en contact avec l'air chaud qui correspond à l'armure métallique, tandis que le reste sera couvert de rosée

comme tout-à-l'heure. Si, au contraire, le miroir est placé du côté chaud, l'humidité ne se montrera nulle part en plus grande abondance que sur la portion de la vitre dont le contour est déterminé par celui de l'armure. La liaison de ces phénomènes avec les propriétés rayonnantes des métaux est trop évidente pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter.

On a vu plus haut tout le parti que M. Wells a su tirer de ses observations thermométriques pour l'explication des phénomènes de la rosée; ce ne sera donc pas une digression déplacée que de rapporter ici, et en terminant cet extrait, quelques remarques analogues qui n'avaient pas échappé à l'attention des physiciens.

On a remarqué de très-bonne heure, et avant même l'invention des thermomètres, que les nuits nuageuses sont généralement *moins froides* que les nuits sereines (*voyez*, par exemple, lord Bacon, *Hist. Nat.*, § 866); mais on n'a cherché que fort tard à évaluer l'effet thermométrique que l'apparition de quelques nuages peut occasionner. Dans un Mémoire qui fait partie des *Transactions philosophiques* pour 1771, le professeur A. Wilson rapporte qu'ayant suivi la marche d'un thermomètre pendant une nuit d'hiver qui fut successivement et à plusieurs reprises claire et brumeuse, il trouva qu'il montait constamment d'environ un degré Fahr. (0°,55 centig.) dans l'instant même où l'atmosphère s'obscurcissait, et qu'il revenait au point de départ lorsque les brumes étaient dissipées. Suivant le fils du même physicien, M. Patrick Wilson (*voyez* les *Transactions d'Edinburgh* pour 1788), l'effet instantané des nuages sur un thermomètre suspendu à l'air libre peut s'élever à 3° Fahr. (1°,7 centig.) Tel est aussi, à très-peu près, le résultat obtenu par M. Pictet en 1777, et publié pour la première fois en 1792 dans l'ouvrage de M. Prevost, où, par parenthèse, le rayonnement du nuage se trouve déjà indiqué comme la cause physique du phénomène; mais alors on n'avait pas encore reconnu que ce rayonnement produit un effet plus intense sur la terre que sur l'air.

Une particularité curieuse dont on doit la découverte à M. Pictet, c'est que, dans des *nuits calmes et sereines*, la température, au lieu d'aller en diminuant à mesure

qu'on s'éloigne du sol, présente au contraire, du moins jusqu'à de certaines hauteurs, une progression croissante (1). Un thermomètre à 5 pieds d'élévation marquait, *toute la nuit*, 2°,5 centigrades *de moins* qu'un instrument tout pareil qui était suspendu au sommet d'un mât vertical de 50 pieds. Deux heures environ après le lever du soleil ou avant son coucher, les deux instrumens étaient d'accord; vers midi, le thermomètre près du sol marquait souvent 2°,5 centigrades de plus que l'autre. Par un temps complètement couvert, ils avaient tous les deux la même marche le jour et la nuit. (*Voyez* les *Lettres de Deluc à la Reine d'Angleterre*, tome V, 1779.)

Ces observations de M. Pictet furent confirmées en 1788 par M. Six de Canterbury, et répétées pendant une année entière. Un thermomètre suspendu dans un jardin, à 9 pieds du sol, était, pendant la nuit et par un temps calme et serein, de 5° à 6° centigrades plus bas qu'un thermomètre placé au sommet du clocher de la cathédrale de Canterbury, à 220 pieds de hauteur. (Voy. *Transaction philosoph.* pour 1788, page 103 et suiv.)

M. Pictet avait comparé dans ses expériences la température observée à l'air libre à celle que marquait un thermomètre dont la boule était *ensevelie* sous la surface du sol. Comme la terre conserve pendant la nuit une partie de la chaleur considérable qu'elle a acquise durant le jour, le thermomètre enseveli était toujours de beaucoup supérieur aux autres. Une remarque importante a échappé au physicien genevois : c'est que la surface du sol et les plantes dont il est recouvert acquièrent, sous un ciel serein, une température inférieure à celle de l'air qui les baigne (2). M. Pictet parle, il est vrai, d'un thermomètre *suspendu à quatre lignes de la surface du ter-*

---

(1) L'explication de ce fait se trouve liée à la question du rayonnement de l'air, dont nous avons le projet de nous occuper avec détail dans un des Cahiers prochains.

(2) Un thermomètre dont la boule était enterrée à 1 pouce au-dessous de la surface du sol marquait quelquefois, suivant M. Wells, jusqu'à 8°,9 centigr. de plus qu'un instrument pareil placé sur l'herbe, et 5°,6 de plus qu'un thermomètre dans l'air.

*rain*, et qui se tenait plus bas encore que le thermomètre à 5 pieds; mais il ne dit nulle part qu'il ait placé la boule d'un de ses instrumens sur un corps solide. Quant à M. Six, il nous apprend positivement dans son Mémoire (1788) qu'un thermomètre *sur le sol* (*upon the ground*), au milieu d'une prairie, se tenait plus bas qu'un thermomètre semblable élevé de 6 pieds. On trouve dans un ouvrage posthume du même auteur, publié à Canterbury en 1794, une multitude de déterminations analogues, et qui donnent jusqu'à 7°,5 centigrades pour la différence de température entre l'air et l'herbe d'un pré. Dans son premier Mémoire, M. Six attribuait le froid de l'herbe, 1° à la rosée dont elle est recouverte par un temps serein, et qui aurait conservé en tombant la température des couches élevées de l'atmosphère, où il supposait qu'elle prenait naissance; 2° à l'évaporation. Dans l'ouvrage posthume, il admet que le froid est la *conséquence* de la formation de la rosée. Telle était aussi l'opinion que M. Wilson avait émise dans les *Transactions d'Edinburgh* pour 1788. La découverte du docteur Wells consiste donc dans l'*observation* (1) que ce savant a faite, et qui avait échappé à ses prédécesseurs, que les corps, par un temps serein, sont déjà plus froids que l'air qui les baigne *avant* que la rosée ait mouillé leur surface; d'où il résulte que ce refroidissement est la *cause* et non pas la *conséquence* de la formation de la rosée. On doit même ajouter que la *chaleur* qui se développe lorsque la vapeur aqueuse atmosphérique, passant de l'état de fluide aériforme à celui de liquide, vient se déposer à la surface des corps, est une des causes qui atténuent le plus les effets du refroidissement nocturne.

---

(1) On trouve dans un Mémoire de Rumford, *Trans. philos.*, 1804, ce passage : « N'est-ce pas par l'action des » rayons frigorifiques (ceux qui viennent de l'espace) que » notre globe est continuellement refroidi, et qu'il conserve, » dans tous les âges, la même température moyenne, malgré » l'immense quantité de chaleur que les rayons solaires lui » communiquent journellement? » Mais cette ingénieuse conjecture n'y est appuyée d'aucune observation thermométrique propre à indiquer le mode de refroidissement.

## EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 2 *juin* 1817.

ON lit une lettre de M. Schumacher, astronome de Copenhague. Ce savant annonce qu'il va exécuter une grande opération géodésique qui fournira une mesure précise de $4^{\circ} \frac{1}{3}$ de latitude et de $4^{\circ} \frac{1}{2}$ en longitude. On déterminera la différence de longitude des deux stations extrêmes par un signal unique placé dans un point intermédiaire. Ce signal sera une fusée à la Congrève qu'on peut diriger, et qui lance un globe dont l'explosion produit une vive lumière visible à de grandes distances. L'expérience a déjà été faite et a parfaitement réussi.

MM. Vauquelin et Thenard lisent un rapport sur les nouvelles analyses que M. Laugier a faites du fer natif de Sibérie. Nos lecteurs connaissent déjà cet intéressant travail. (Voyez *Annales*, tome IV, page 363). L'Académie a décidé qu'il serait imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers.*

M. de Humboldt continue la lecture de son Mémoire *sur les Lignes isothermes.* (*Voyez* le Cahier précédent.)

M. Gondret lit des *Considérations sur l'emploi du feu en médecine.* Une commission en rendra compte.

L'Académie décide à l'unanimité qu'il y a lieu à nommer pour la place vacante par la mort de M. Klaproth, associé étranger.

### *Séance du lundi* 9 *juin.*

M. Fevre, ingénieur en chef des ponts et chaussées, envoie des Tables chimiques, précédées d'un Mémoire

qui en explique la composition. Ce travail est renvoyé à l'examen d'une commission.

On nomme au scrutin la commission qui doit présenter une liste de candidats pour la place d'associé vacante par la mort de M. Klaproth.

Elle est composée de MM. Laplace, Le Gendre, Gay-Lussac, Berthollet, Hallé et Thenard.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire fait un rapport *sur l'Oologie, ou description des nids et des œufs d'un très-grand nombre d'oiseaux d'Europe, avec l'histoire de leurs mœurs et de leurs habitudes; par M. l'abbé* Manesse.

Cet ouvrage renferme la description des œufs et des nids de 216 espèces différentes; les planches sont très-bien dessinées. L'auteur a recueilli un grand nombre d'observations intéressantes sur les habitudes et les mœurs des oiseaux. D'après l'avis de la commission, l'Académie a approuvé le travail de M. l'abbé Manesse.

M. de Humboldt continue la lecture du Mémoire *sur les Lignes isothermes.*

M. Ripaut expose verbalement ses idées sur les hiéroglyphes et les nombres égyptiens. On a engagé l'auteur à rédiger son travail.

*Séance du lundi 16 juin.*

Son Exc. le Ministre de l'Intérieur transmet l'approbation donnée par le Roi à l'élection de M. Mathieu.

Au nom d'une commission, M. Pinel fait un rapport sur un Mémoire de M. Esquirol relatif à l'hallucination dans les maladies mentales.

Pour faire mieux ressortir les divers caractères des différentes sortes d'hallucinations ou illusions bien con-

statées, l'auteur du Mémoire a d'abord décrit une de celles qui simulent une vraie sensation de l'ouïe, et qui est très-commune dans l'hospice de la Salpêtrière. La 2me sorte est celle de l'ouïe et de la vue ensemble; la 3me, celle de l'ouïe, de la vue, du goût et de l'odorat réunis; la 4me et la 5me comprennent les aberrations de tous les sens ensemble.

*Extrait de la première observation.* « Un homme » éclairé et dans la force de l'âge perd un emploi très- » important par suite des événemens politiques. Il tombe » par degrés dans une mélancolie profonde, conçoit les » soupçons les plus ombrageux et se croit entouré sans » cesse d'espions et d'ennemis acharnés à sa perte. La vie » lui devient si insupportable qu'il cherche lui-même à » se détruire. C'est au milieu de ces alarmes long-temps » continuées qu'il finit par croire entendre sans cesse » des voix distinctes qui lui reprochent d'avoir trahi ses » devoirs et de s'être rendu criminel. L'illusion même » est si complète qu'il croit présentes et à ses côtés les » personnes qui faisaient entendre ces voix imaginaires. » Il leur répond avec véhémence, leur adresse tour-à- » tour des questions et des plaintes amères en cherchant » à se justifier, et se livre parfois aux emportemens les » plus violens. C'était quelquefois durant son sommeil, » d'autres fois dans un état de veille que ces voix si- » nistres se faisaient entendre. Enfin, un isolement de » sa famille et un traitement médical sont décidés; l'usage » des bains avec quelques douches, et l'art adroitement » ménagé de combattre ces illusions fantastiques, finissent » par les faire disparaître. »

La seconde observation renferme l'histoire d'une jeune

fille de seize ans, douée d'une grande sensibilité, et qui, ayant perdu son amant d'une manière inattendue, refusa pendant plusieurs jours de prendre aucun aliment. Après quelques autres aventures, elle eut une vision extatique durant laquelle elle se crut transportée dans le ciel et jouir pendant plus de sept heures de tous les délices réservés aux bienheureux. De nouvelles visions succédèrent à celle-là; elle fit alors les prédictions les plus sinistres. Les secours habituels lui rendirent la raison et la santé.

M. Pinel ajoute que des exemples de cette espèce sont très-communs, surtout parmi les femmes, à l'hospice de la Salpêtrière. « Les uns, dit-il, croient entendre parler; » ils interrogent, ils répondent et tiennent ainsi une » conversation suivie; ils distinguent parfaitement le » ton du reproche de celui des menaces. D'autres croient » vivement que leur oreille est frappée par des sons » mélodieux qui tiennent au mouvement des corps cé- » lestes. Certains se persuadent assister à un concert » qu'on leur donne, ou écouter le chant des oiseaux » dans des bois enchantés. Il y en a qui, les yeux tour- » nés vers le ciel, croient contempler Dieu face à face, » ou assister au sabbat avec des sorcières, etc., etc. »

Après quelques détails sur les *démoniaques*, M. Pinel annonce la prochaine guérison de la jeune religieuse qui a été arrêtée, il y a peu de jours, par ordre de la police, dans les rues de Paris, prédisant les malheurs qui, disait-elle, nous menacent encore si on ne travaille promptement à la réforme des mœurs en France et à celle de l'Eglise, etc., etc.

Il résulte, suivant le rapporteur, de l'ensemble des faits contenus dans le Mémoire de M. Esquirol, et de

ceux qu'il a recueillis ailleurs, que l'entendement humain est sujet à une sorte d'aberration appelée *hallucination*, qui suit la marche des autres maladies aiguës ou chroniques; qu'elle a ses signes précurseurs, son développement gradué, son déclin; qu'elle peut être guérie dans des circonstances favorables; qu'elle est très-fréquente depuis quelques années dans les établissemens publics des aliénés; « qu'elle peut être jointe avec des » apparences de merveilleux, le prétendu don des pro- » phéties, les révélations, les visions propres à flatter » la vanité de certains esprits faibles, et qu'ainsi des » circonstances accidentelles peuvent contribuer à leur » donner une sorte de caractère surnaturel; que les » relations des voyageurs les plus instruits et l'histoire » de tous les peuples attestent qu'il en est de même dans » toutes les sectes et dans tous les cultes répandus sur le » globe terrestre; mais que ce n'est que dans les établis- » semens d'aliénés tenus avec ordre et un grand soin » qu'on peut les étudier, les comparer et en appro- » fondir les variétés. »

Le rapport est terminé par une invitation à M. Esquirol de profiter des circonstances favorables où il se trouve placé pour continuer ses observations.

M. de Humboldt reprend la lecture de la suite de son Mémoire *sur les Lignes isothermes*.

M. Girard commence la lecture d'un Mémoire dont nous aurons l'occasion de parler par la suite, *sur la vallée du Nil, et l'exhaussement séculaire qu'elle a subi*.

M. Laplace, au nom d'une commission, présente en comité secret la liste suivante des candidats pour la place

d'associé vacante par la mort de M. Klaproth : MM. Scarpa, Davy, Piazzi, Gauss, Wollaston, Jacquin et Léopold de Buch.

*Séance du lundi 23 juin.*

M. Dupin, correspondant, adresse un *Essai sur les progrès de l'artillerie.*

M. de Humboldt présente à l'Académie un tableau physique des îles Canaries, avec la géographie des plantes du pic de Ténériffe, représentées sur un profil de cette montagne, d'après les observations de M. de Buch; des cartes du volcan de Jorullo, de Rio-Caura, de la cordilière de Santa-Fé et de Rio-Meta.

M. Girard continue la lecture de son Mémoire.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire commence la lecture d'un Mémoire intitulé : *Du Squelette des Poissons ramené, dans toutes ses parties, à la charpente osseuse des autres animaux vertébrés.*

L'Académie continue en comité secret la discussion relative aux candidats présentés pour la place d'associé étranger.

*Séance du lundi 30 juin.*

M. Bourdilleau adresse un instrument nouveau qu'il nomme *trigonomètre.* Il sera examiné.

M. Arago présente, au nom de M. Reboul, correspondant, un Mémoire sur le nivellement des principaux sommets des Pyrénées.

L'Académie va au scrutin pour la nomination d'un associé étranger. Au premier tour, les voix se partagent entre MM. Scarpa, Piazzi, Davy, Jacquin et Gauss. Le second tour n'ayant pas encore donné de majorité absolue, on procède à un scrutin de ballottage entre MM. Scarpa et Davy, qui avaient, cette fois, obtenu le

plus de suffrages. M. Scarpa réunit 27 voix; sir H. Davy, 21 (1). L'élection de M. Scarpa sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Geoffroy continue la lecture de son Mémoire *sur les Squelettes des poissons.*

M. Humboldt lit un Mémoire *sur les fondemens de sa carte du cours de l'Orénoque et de sa bifurcation.*

M. Cauchy lit un Mémoire *sur les Fonctions réciproques.*

---

(1) Il est tellement difficile de comparer les travaux d'un géomètre et d'un astronome à ceux d'un chimiste, d'un physicien ou d'un anatomiste, qu'on doit être peu étonné de la divergence des votes au premier tour de scrutin. On a d'ailleurs assez ordinairement l'habitude de tenir compte de circonstances étrangères au mérite des candidats, telles que l'âge, l'ancienneté des travaux, les applications dont on les croit susceptibles, etc., et chacun en apprécie l'importance d'après des élémens trop variables pour qu'on puisse s'attendre, si ce n'est dans des occasions fort rares, à voir régner plus d'accord dans l'élection des associés. Le mérite qu'on s'est généralement plu à reconnaître dans les travaux de M. Scarpa; la réputation de sagacité et d'exactitude dont cet anatomiste jouit en Europe, justifient à tous égards le choix de l'Académie. On permettra toutefois aux rédacteurs d'un journal que M. Davy a si souvent enrichi de ses brillantes découvertes, de témoigner publiquement combien ils eussent desiré de voir inscrire, dès ce moment, le nom de celui qui a fait un si heureux usage de la pile à côté du nom du physicien illustre à qui les sciences sont redevables de ce merveilleux instrument. M. Davy était, il est vrai, le plus jeune des candidats; mais les académiciens que cette circonstance n'a point arrêtés, se sont rappelé la multiplicité des travaux de ce savant, leur originalité et la vive impulsion qu'ils ont donnée à la science; et que tout récemment encore il a rendu le plus grand service à l'humanité, en fournissant aux mineurs les moyens de parcourir, une vive lumière à la main, les mêmes galeries où naguère il suffisait de la plus faible étincelle pour produire d'horribles explosions.

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL | VENTS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | à midi. | |
| 1 | 752,60 | +13,0 | 57 | 752,32 | +16,6 | 45 | 752,10 | +16,9 | 44 | 753,40 | +10,2 | 59 | +16,9 | + 4,5 | Très-nuageux. | S. O. |
| 2 | 754,72 | +15,0 | 51 | 754,87 | +16,0 | 50 | 754,63 | +15,0 | 61 | 754,22 | +10,5 | 81 | +17,8 | + 7,7 | Couvert. | N. O. |
| 3 | 754,82 | +14,5 | 76 | 755,88 | +17,7 | 56 | 755,68 | +18,8 | 56 | 755,40 | +15,0 | | +18,8 | +10,6 | Très-nuageux | S. O. |
| 4 | 755,10 | +17,9 | 76 | 756,88 | +19,2 | 56 | 758,03 | +19,4 | 51 | 760,71 | +14,2 | 60 | +19,4 | +12,1 | Très-nuageux. | O. |
| 5 | 764,08 | +16,0 | 65 | 763,48 | +19,5 | 49 | 762,45 | +19,0 | 48 | 761,60 | +15,1 | 67 | +20,6 | + 8,1 | Couvert | O. |
| 6 | 761,30 | +17,9 | 62 | 762,10 | +20,9 | 59 | 760,48 | +19,9 | 69 | 760,03 | +15,4 | 85 | +20,9 | +12,5 | Couvert. | O. |
| 7 | 757,75 | +22,0 | 62 | 756,23 | +26,1 | 60 | 755,00 | +26,2 | 54 | 751,87 | +21,8 | | +26,3 | +11,1 | Nuageux. | S. |
| 8 | 754,70 | +18,5 | 69 | 755,14 | +21,7 | 60 | 755,28 | +18,7 | 69 | 757,54 | +14,9 | 67 | +21,8 | +14,0 | Très-nuageux. | O. |
| 9 | 760,05 | +19,0 | 69 | 759,42 | +20,8 | 64 | 758,60 | +19,0 | 61 | 757,73 | +15,7 | 72 | +20,8 | +10,0 | Couvert, pluie. | S. O. |
| 10 | 756,58 | +18,7 | 74 | 755,43 | +19,5 | 70 | 756,29 | +19,3 | 64 | 758,80 | +14,0 | 88 | +19,5 | +13,9 | Pluie. | S. O. |
| 11 | 761,04 | +14,0 | 81 | 760,56 | +18,2 | 68 | 759,27 | +20,6 | 56 | 758,37 | +15,9 | 83 | +21,8 | + 8,2 | Très-nuageux. | O. |
| 12 | 755,08 | +21,7 | 57 | 754,35 | +24,6 | 51 | 753,67 | +25,5 | 45 | 754,08 | +16,0 | 75 | +25,8 | +10,0 | Légers nuages. | S. S. E. |
| 13 | 748,97 | +22,2 | 73 | 746,75 | +27,1 | 62 | 744,69 | +28,0 | 52 | 746,34 | +18,5 | 69 | +28,5 | +10,0 | Nuageux. | S. |
| 14 | 752,65 | +16,9 | 58 | 753,44 | +19,1 | 51 | 753,94 | +18,7 | 50 | 757,24 | +12,5 | 73 | +19,9 | +12,1 | Nuageux. | O. S. O. |
| 15 | 762,09 | +16,2 | 66 | 763,04 | +17,5 | 59 | 763,11 | +18,8 | 56 | 761,94 | +13,4 | 66 | +19,0 | + 9,0 | Couvert. | N. O. |
| 16 | 765,17 | +16,2 | 70 | 764,02 | +20,5 | 52 | 763,53 | +20,8 | 52 | 762,50 | +17,0 | 58 | +20,8 | + 7,5 | Très-nuageux. | N. E. |
| 17 | 758,26 | +19,4 | 64 | 756,19 | +22,9 | 54 | 754,42 | +23,6 | 54 | 752,45 | +19,5 | 73 | +24,0 | +10,1 | Petits nuages. | E. |
| 18 | 750,29 | +25,5 | 64 | 749,96 | +28,6 | 59 | 749,30 | +28,5 | | 749,82 | +21,0 | 77 | +29,0 | +14,7 | Nuageux. | S. E. |
| 19 | 751,50 | +25,5 | 53 | 751,46 | +27,6 | 50 | 751,03 | +26,5 | 49 | 751,45 | +22,2 | 60 | +20,8 | +16,2 | Beau. | S. E. |
| 20 | 753,57 | +27,1 | 56 | 750,10 | +30,2 | 52 | 748,92 | +29,7 | 46 | 750,60 | +18,7 | | +31,0 | +16,5 | Nuageux. | E. |
| 21 | 754,72 | +23,4 | 54 | 755,19 | +25,5 | 48 | 755,84 | +21,8 | 57 | 757,12 | +18,9 | 69 | +25,5 | +16,2 | Couvert. | S. |
| 22 | 758,20 | +23,7 | 67 | 757,49 | +26,0 | 59 | 756,31 | +27,2 | 59 | 755,90 | +21,0 | 88 | +26,5 | +14,0 | Nuageux. | O. |
| 23 | 754,47 | +19,9 | 88 | 754,06 | +25,4 | 68 | 753,14 | +25,0 | 68 | 755,07 | +18,2 | 90 | +27,8 | +17,5 | Nuageux. | N. O. |
| 24 | 756,30 | +19,5 | 86 | 756,17 | +25,9 | 70 | 755,58 | +26,5 | 60 | 756,26 | +21,2 | 79 | +26,5 | +15,6 | Nuageux. | N. O. |
| 25 | 757,53 | +21,7 | 76 | 756,90 | +25,5 | 63 | 755,66 | +27,8 | 59 | 755,27 | +17,7 | 94 | +27,8 | +16,2 | Nuageux. | N. O. |
| 26 | 753,58 | +22,0 | 69 | 752,64 | +27,8 | 60 | 751,00 | +26,9 | 57 | 749,70 | +22,2 | 68 | +27,8 | +16,5 | Nuageux. | S. |
| 27 | 747,48 | +21,6 | 82 | 746,61 | +21,9 | 67 | 746,97 | +20,4 | 76 | 748,84 | +16,2 | 88 | +21,9 | +16,2 | Couvert. | S. O. |
| 28 | 753,03 | +19,0 | 64 | 754,58 | +19,6 | 64 | 755,14 | +20,5 | 51 | 757,06 | +15,8 | 74 | +20,5 | +12,5 | Très-nuageux. | O. |
| 29 | 757,63 | +21,1 | 57 | 756,48 | +24,7 | 52 | 755,05 | +25,9 | 50 | 753,93 | +17,9 | 72 | +25,9 | +11,7 | Gros nuages. | S. E. |
| 30 | 753,51 | +19,1 | 82 | 754,65 | +15,2 | 75 | 754,25 | +20,4 | 59 | 755,30 | +14,2 | 90 | +20,4 | +14,2 | Forte pluie. | S. S. O. |
| 1 | 757,17 | +17,2 | 66 | 757,17 | +19,8 | 57 | 756,85 | +19,2 | 58 | 757,13 | +14,7 | 72 | +20,3 | +10,4 | Moyennes du 1 au 10. | |
| 2 | 755,86 | +20,5 | 64 | 755,05 | +23,6 | 56 | 754,20 | +24,1 | 51 | 754,78 | +17,5 | 70 | +24,7 | +11,4 | Moyennes du 11 au 20. | |
| 3 | 754,64 | +21,1 | 72 | 754,48 | +23,7 | 63 | 753,89 | +24,2 | 59 | 754,44 | +18,3 | 81 | +25,1 | +15,1 | Moyennes du 21 au 30. | |
| | 755,89 | +19,6 | 68 | 755,57 | +22,4 | 58 | 754,98 | +22,5 | 56 | 755,45 | +16,8 | 75 | +23,3 | +12,3 | Moyennes du mois | +17,8 |

# SUITE

## *Du Résultat des Expériences faites sur les Alliages de cuivre, d'étain, de zinc et de fer, considérés sous le rapport de la fabrication des bouches à feu, et autres objets semblables.*

PAR M. DUSSAUSSOY,

Chef de Bataillon au Corps royal de l'Artillerie.

### *Expériences sur la Trempe des bronzes.*

APPENDICE *au Rapport fait à* S. E. le Ministre de la Guerre *sur les alliages à canon.*

LA propriété particulière que la trempe communique aux alliages de cuivre et d'étain, et dont M. d'Arcet a fait une belle application à la fabrication des cymbales, nous a engagés à répéter plus en grand les expériences que nous avions faites, à ce sujet, en 1816, pour voir s'il serait avantageux ou non de soumettre les bouches à feu à cette opération. Les résultats de ces nouvelles expériences ont parfaitement confirmé ceux obtenus précédemment, et l'on a également trouvé que la trempe augmentait la malléabilité et la tenacité des bronzes coulés en plaques très-minces; qu'elle en rendait la couleur beaucoup plus jaune et le son beaucoup plus grave; mais, d'un autre côté, on a reconnu qu'elle en diminuait sensiblement la dureté, et que, généralement passé une certaine épaisseur (4 à 5 lignes), elle fendillait et altérait tellement les objets, qu'elle suffisait souvent pour les mettre hors de service. Une pièce de 4, par exemple, qui aurait été trempée, éclaterait probablement en plusieurs morceaux au premier coup que l'on tirerait avec.

Ce n'est donc pas à la trempe qu'on doit attribuer

l'excès de dureté que ces alliages présentent à leur surface, puisqu'elle les rend plus mous, mais bien, comme on l'a vu précédemment, aux plus fortes proportions d'étain qui y existent, et particulièrement à ce que la combinaison, favorisée par un refroidissement plus prompt, y est plus intime que par-tout ailleurs. Il serait cependant possible qu'elle ait des effets différens sur une pièce qui viendrait d'être coulée, et dont l'intérieur ne serait pas encore solidifié; mais comme cette opération présente des dangers, à cause de l'explosion que l'eau réduite en vapeurs pourrait occasionner, on pense que l'on ne doit pas en tenter l'essai.

Ce n'est pas non plus aux effets de la trempe que les anciens devaient la dureté des armes et des outils en bronze dont ils se servaient; car on sait, d'après les beaux travaux de MM. Mongez et Dizé, qu'ils ne contenaient de fer qu'accidentellement, et qu'ils n'employaient d'autres moyens, pour leur donner du tranchant, que celui de l'écrouissage. Ces armes étaient ordinairement composées de 14 à 15 d'étain sur 100 de cuivre.

Dans les expériences qui font le sujet du tableau suivant, on a rapporté, comme dans toutes celles qui précèdent, la tenacité de chaque échantillon d'alliage au nombre 100 (1), et l'on a fait varier leur épaisseur de $\frac{3}{4}$ de ligne à 8 lignes, afin de fixer la limite au-delà de laquelle la trempe devenait nuisible à leur résistance.

On a aussi fait rougir et laissé refroidir naturellement, trempé et détrempé, comme pour l'acier, plusieurs lingots de bronze et de laiton, dans l'intention de connaître les changemens que ces différentes manipulations pouvaient apporter dans la résistance de ces alliages; et l'on a vu que, dans ce dernier cas, on n'obtenait jamais la résistance ni la dureté primitives. Tous ces résultats sont consignés dans le tableau suivant :

---

(1) Ce nombre sert de terme de comparaison, pour la tenacité et la dureté, à tout ce qui est compris dans la même ligne horizontale des tableaux nos 5 et 6, et sous la même accolade; de sorte qu'il y a autant de rapports particuliers que d'alliages et d'échantillons différens.

## …mpe des Bronzes.

| | DÉSIGNATION des ALLIAGES. | COM… | DURETÉ MOYENNE …ise sur l'échantillon de 8 lignes d'épaisseur. | | | | DENSITÉ MOYENNE Prise sur l'échantillon de 8 lignes d'épaisseur. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Non …mpé. | Trempé. | Trempé et détrempé. | Chauffé et refroidi naturellement | Non trempé. | Trempé. | Trempé et détrempé. | Chauffé et refroidi naturellement. |
| 1 | • | Cuiv. 95. Etain… | 100 | 99 | 100 | 100 | 7.925 | 7.890 | 7.895 | 7.899 |
| 2 | Alliage à canon. | Cuivre 90. E… | 100 | 98 | 99 | 99 ½ | 8.081 | 8.006 | 8.031 | 8.054 |
| 3 | • | Cuivre 85. E… | 100 | 96 | 98 | 99 | 8.457 | 8.354 | 8.400 | 8.431 |
| 4 | Alliage des cymbales. | Cuivre 80. E… | 100 | 92 | 97 | 98 | 8.670 | 8.520 | 8.611 | 8.660 |
| 5 | Métal de cloches. | Cuivre 75. E… | 100 | 91 | 97 | 98 | 8.671 | 8.315 | 8.505 | 8.557 |
| 6 | *Id.* à canon avec 1 ¼ de fer. | Cuiv. 100. Et… | 98 | 100 | 99 | 99 ½ | 8.326 | 8.243 | 8.290 | 8.303 |
| 7 | *Id.* à canon avec 3 de zinc. | Cuiv. 100. Et… | 99 | 100 | 99 | 99 ½ | 8.379 | 8.326 | 8.342 | 8.360 |
| 8 | Cuivre jaune des manufactures royales d'armes. | Cuiv. 80. zinc… | 95 | 100 | 97 | 99 | 8.372 | 8.280 | 8.322 | 8.365 |
| 9 | *Idem* du commerce. | Cuiv. 65 à 7… Plus l'étain e… trouvent ord… | 100 | 90 | 92 | 95 | 8.344 | 8.250 | 8.300 | 8.331 |
| 10 | Métal à canon composé co… présent Tableau, et provena… lingot *C* des expériences pré… | | 100 | 97 | 98 | 98 ½ | 8.800 | 8.650 | 8.740 | 8.765 |
| 11 | Alliage ternaire ferré, co… N° 6 du présent Tableau, … lingot *L*, des expériences pr… | | 97 | 100 | 98 | 99 | 8.880 | 8.725 | 8.819 | 8.850 |
| 12 | Alliage ternaire zinqué, co… N° 7 du présent Tableau, e… base du lingot *O* les expérie… | | 94 | 100 | 97 | 99 | 8.750 | 8.615 | 8.704 | 8.735 |

On

par e... ensions, elle en modifie encore le son et la couleur. L'alliage des cymbales,
quefo... ur plus jaune et plus de malléabilité par cette opération; mais elle produit quel-
quant... ne on peut le voir par le tableau ci-contre, de l'épaisseur des objets, et de la

Les

que l... i contiennent du zinc, et qu'elle n'en augmente la malléabilité et la tenacité
25 d'... nces. Les alliages 1, 2, 3, 4 et 5, composés de 75 à 95 de cuivre et de 5 à
le vol... l'épaisseur; car, passé cette limite, elle en altère d'autant plus la résistance, que
intime... , 11 et 12.) Peut-être cela tient-il à ce que la combinaison de l'alliage est moins
assure... apparence d'oxidation et une cristallisation assez prononcée. L'on n'ose rien
refroid... les rapports, les bronzes coulés sous de faibles dimensions, et par conséquent

Une

portaie... t de 15 à 20 d'étain. Des expériences répétées ont fait voir que ces alliages sup-
de mal... ne même, sous 8 lignes d'épaisseur, ils continuaient à offrir plus de tenacité et

On ... à en altérer la résistance, ayant manqué de machine assez forte pour cet objet.

ration ... oins de soufflures, et qui paraissent être le plus rapprochés du degré de satu-

Les ... e des lingots qui ont fait le sujet de l'expérience *T*. (*Voyez* le tableau n°. 4.)

Il n'... ères que l'inspection du présent tableau fera connaître.

nécessa... , si toutes choses égales d'ailleurs, elle détruit son homogénéité, elle diminuera

Un ... a trempe qu'une petite.

disposi... e; et, dans chacune de ces circonstances, ses particules changent d'état et ont une
c'est-à-... t aux forces qui les sollicitent, et le corps est homogène; mais si on le trempe,
de la pa... échauffée, conservant l'excès de volume dû à sa température, s'oppose au retrait
froide s... r la trempe ont un volume plus considérable qu'auparavant. A son tour, la partie
moins c... tion difficile de la chaleur à travers la masse du corps, tend à prendre un volume
de résist... t des ruptures ou des fendillures, et dès-lors le corps opposera beaucoup moins

Ces de

tendent ... si dire instantanément, ils conservent alors leur homogénéité, et les parties ne

Quant

doit y êt... roître, il est aisé de voir que le refroidissement étant plus lent qu'à la surface, elle
fuse ou ... t est brusque, la cristallisation se fait précipitamment, et alors elle devient con-

La tr

modifie... cité des alliages de cuivre et d'étain coulés en plaques minces, d'en

Au-d

ont plu... ulés en bronze, et cela d'une manière d'autant plus marquée qu'il
cuivre, ... xception que pour ceux composés de 15 à 20 d'étain sur 80 à 85 de

La tr

résultats ... xcepté quelques cuivres jaunes du commerce qui offrent autant d

Les al

qu'ils co... rimitives, et cela en raison de la quantité d'étain, de zinc ou de fe

Les al... le et se brise souvent pendant l'opération.

tenacité ... densité qu'auparavant; mais ils offrent quelquefois un peu plus d
Numéro... ent de la base d'objets de fortes dimensions (ce qui est le cas de
recuit a... r la pression de la colonne de métal qu'ils supportaient; et dont l
... aux forces qui les sollicitaient.

## *Note sur le Moulage.*

Le moulage en sable, comme beaucoup plus expéditif et plus économique que celui en terre, a été généralement adopté dans les fonderies particulières malgré le grand nombre de soufflures auxquelles il donne lieu. Ce dernier, au contraire, n'y est presque pas connu; cependant il se présente beaucoup d'occasions où il serait d'une grande utilité, par la propriété qu'il a d'éviter ces soufflures, au moins sur une hauteur assez considérable. Il serait surtout avantageux de l'employer pour le coulage des cylindres destinés à l'impression des toiles, et de beaucoup d'autres pièces semblables qu'il est essentiel d'obtenir sans défauts. Parvenir à ce but au moyen de quelques modifications apportées dans la méthode actuelle de mouler, tel est l'objet des expériences suivantes (1).

En faisant attention à ce qui se passe pendant et après le remplissage des moules, on voit, 1° qu'il se fait un dégagement, à l'état de vapeur, de l'eau que le sable retient toujours, quel qu'en soit le recuit, et que la

(1) C'est ici le lieu d'observer que plus la quantité d'étain est grande dans un alliage, moins on obtient de soufflures, et qu'on les fait disparaître presqu'entièrement sur toute la hauteur des objets lorsqu'on porte les proportions de ce métal à 15 ou 16 parties sur 100 de cuivre, même dans la méthode actuelle de mouler : cela vient de ce que l'alliage reste alors plus long-temps fluide, et que les gaz ont le temps de s'en dégager avant que la partie supérieure ait été solidifiée.

chaleur qui lui est communiquée par une masse de bronze en fusion doit volatiliser entièrement.

2°. Une dilatation d'air et de gaz acide carbonique absorbés pendant et après le recuit.

3°. Un retrait de matière dans le coulage en terre.

4°. Le même retrait dans celui en sable, mais pendant les deux à trois premières minutes seulement qui suivent le remplissage ; car, bientôt après, la matière remonte à son premier niveau, et s'élève souvent d'autant plus au-dessus que les moules ont été moins bien recuits, que le sable est plus argileux, qu'il a été plus mouillé, et enfin plus comprimé.

Cet effet, qu'on ne remarque jamais dans des moules en terre bien exécutés, a évidemment pour cause : 1° l'excès de compression qu'on donne souvent inutilement au sable ; 2° la grande quantité de gaz qui tendent à s'en échapper pendant la coulée, et qui, rencontrant trop d'obstacles à le faire par les parois du châssis, se dirigent alors sur la matière encore en fusion, qui ne peut, dans cet état, leur opposer qu'une faible résistance ; s'y logent et y produisent le grand nombre de soufflures qu'on y observe. Cet effet est presque toujours accompagné d'une forte effervescence qui a lieu à la partie supérieure de la masselotte, et qui ordinairement occasionne un petit jet de matière en ignition.

Or, puisque ces défauts affectent seuls les objets coulés en sable, il a paru probable qu'on parviendrait à les éviter en construisant ces moules comme ceux en terre, c'est-à-dire, de manière à donner à l'enveloppe qui touche le modèle la même compacité que la potée

communique, en cette partie, à ces derniers, et à donner aussi aux couches suivantes la porosité que la composition particulière du mortier présente. L'expérience a pleinement démontré les avantages de cette méthode : plusieurs lingots, ainsi coulés comparativement avec d'autres moulés en terre, n'ont point fait remarquer de différences sensibles dans leurs qualités.

Pour rendre ce qu'on vient de dire plus clair et d'une application plus facile, on a cru devoir terminer cette note par quelques figures relatives au moulage, et qui compléteront les renseignemens qu'elle pourrait encore laisser à desirer. (*Voyez* ci-après, page 232).

*La figure* 1re représente la coupe d'une portion de moule en terre (1). La différence qui existe dans l'intensité du pointillage de cette figure indique, comme dans celles qui suivent, le degré de compression qu'on doit donner en cette partie aux moules. *a b* désigne l'é-

---

(1) Le mortier dont on se sert ordinairement pour le moulage en terre est composé de 4 mesures d'argile, deux de sable, une de crottin de cheval et d'une poignée de bourre. La potée se compose de 16 mesures d'argile, bien séchée, battue et criblée ; de 17 à 18 mesures de sable, 6 de crottin de cheval et d'une poignée de bourre. On délaie et l'on bat convenablement ce mélange ; on le passe ensuite dans un crible de laiton pour en séparer les parties grossières.

On doit éviter de se servir d'argile et de sable calcaire. Notre objet n'étant pas de traiter du moulage en terre avec tous les détails qu'il comporte, on peut consulter, à ce sujet, les ouvrages de MM. le général Lamartillière, Monge et d'Artin.

paisseur de la couche de potée, qui est ordinairement de 4 à 5 lignes; *bc*, celle du mortier; *cd*, la ferrure du moule; et *i*, *i*, *i*, les cerceaux qui assujettissent tout le système.

*La figure* 2 représente la coupe d'une portion de moule en sable, fait selon la méthode ordinaire : *cd* en est le châssis.

*La figure* 3 représente également la coupe d'une portion de moule en sable, construit d'une manière analogue à ceux en terre; *ab* est la couche de sable qu'on doit fortement comprimer; on lui donne ordinairement 12 à 18 lignes d'épaisseur, selon les objets. On a percé le châssis *cd* d'un grand nombre de petits trous *e*, pour faciliter le recuit du moule et le dégagement des gaz.

*La figure* 4 représente la coupe d'une autre portion de moule en sable, construit d'après les mêmes principes, mais par un procédé particulier; *b b* est un châssis mobile qui sert à mouler et à comprimer la couche de sable en contact avec le modèle; on l'ôte dès que cette opération est terminée, et on remplit ensuite l'espace vide *b c*, *b c*, de sable presque sec ou de pierres légères et porreuses.

### *Avantage de la méthode proposée sur celle ordinaire de mouler en sable.*

On voit, par la *figure* 2, que dans le moulage ordinaire en sable, la compression de celui-ci est très-forte, et à-peu-près égale dans toutes les parties du moule; qu'alors il n'est pas possible, vu surtout la forme du châssis employé, que le recuit puisse s'en opérer parfaitement, et que les gaz s'en dégagent entièrement. Ces derniers doivent

donc, après s'être accumulés et dilatés dans le moule, revenir ensuite sur la matière en fusion, et y produire le boursoufflement qu'on y observe.

Dans la méthode proposée *figures* 3 et 4, et qui est analogue à celle en terre, les couches de sable se trouvent d'autant moins comprimées qu'elles sont plus éloignées du centre. On a aussi pratiqué aux châssis un grand nombre de petits évens, afin de faciliter le recuit des moules, et de fournir un libre passage aux gaz qui se forment pendant et après la coulée. Ces gaz ne peuvent donc plus exercer sur la fonte la même pression que dans le cas précédent ni par conséquent l'affecter des mêmes défauts, et c'est ce que l'on a effectivement vérifié.

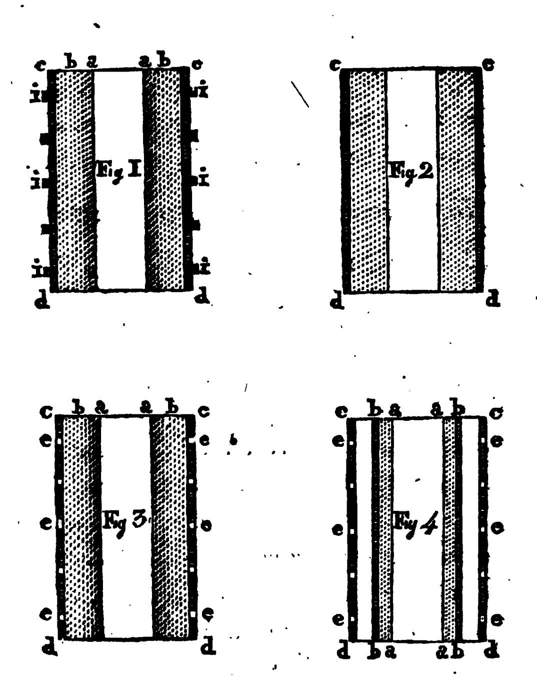
### *Note sur l'Ecrouissage des bronzes.*

L'écrouissage augmente beaucoup la dureté et la densité des alliages de cuivre et d'étain, et leur communique, sous certains rapports, des qualités qui les rapprochent assez de l'acier. Quelques outils faits avec l'alliage de 14 d'étain sur 100 de cuivre, écrouis et aiguisés à la manière des anciens, ont offert un taillant d'une bonne résistance, et préférable, au dire des ouvriers, à celui fait avec quelques espèces d'aciers. Cette propriété, qui n'est peut-être pas encore assez connue dans les arts, pourrait rendre cet alliage d'un usage plus général, et permettre de l'employer avec plus de succès à la fabrication des découpoirs, emporte-pièces, etc., et autres objets semblables, comme M. le général Levasseur l'a déjà fait dans des établissemens d'artillerie qui étaient confiés à sa direction.

On croit devoir observer que l'on ne doit écrouir que

la partie qui est destinée à couper, et seulement jusqu'à ce qu'elle commence à se gercer aux angles ; car autrement on rendrait l'objet trop cassant.

Afin de fixer les idées par des rapports numériques sur les changemens que l'écrouissage du bronze, le recuit, etc., apportent dans sa résistance, on a fait quelques expériences à ce sujet, et l'on en a consigné les résultats dans le tableau suivant.



N°. 6.

| DÉSIGNATION des ALLIAGES. | DIMENSION des Echantillons d'alliages soumis à l'expérience. | TENACITÉ DES ALLIAGES. | | | DURETÉ DES ALLIAGES. | | | DENSITÉ DES ALLIAGES. | | | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A l'état naturel. | Ecrouis à froid. | Ecrouis et recuits. | A l'état naturel. | Ecrouis à froid. | Ecrouis et recuits. | A l'état naturel. | Ecrouis à froid. | Ecrouis et recuits. | |
| Alliage à canon de 100 de cuivre et 11 d'étain. | 4 lignes d'épaisseur, 8 de largeur et 36 de longueur. | 66 | 30 | 100 | 89 | 100 | 91 | 8.459 | 8.817 | 8.687 | On a employé pour ces expériences des lingots de 4 lignes d'épaisseur, et on les a écrouis de manière à n'y produire aucune crique ni gerçure. Ils provenaient d'autres lingots de 8 lignes d'épaisseur, qu'on avait coulés en terre pour éviter les soufflures. |
| Alliage des armes et outils des anciens, de 100 de cuivre et 14 d'étain. | *Idem.* | 70 | 40 | 100 | 91 | 100 | 95 | 8.510 | 8.850 | 8.730 | |
| Cuivre jaune du commerce. | *Idem.* | 80 | 40 | 100 | 85 | 100 | 89 | 8.325 | 8.830 | 8.675 | |
| *Idem* des manufactures royales d'armes, composé de 80 de cuivre, 17 de zinc et 3 d'étain. | *Idem.* | 75 | 30 | 100 | 79 | 100 | 86 | 8.319 | 8.781 | 8.592 | |

Ces expériences confirment ce que l'on connaissait déjà à cet égard, savoir :

1°. Que l'écrouissage augmente la dureté et la densité des métaux, mais qu'il en diminue considérablement la tenacité.

2°. Que les ouvrages en bronze, convenablement écrouis et ensuite recuits, offrent, au contraire, beaucoup plus de résistance qu'auparavant. Et comme on peut, par analogie, juger de l'effet que cette opération doit produire sur d'autres métaux, tels que le fer, l'acier, etc., on doit en conclure qu'il convient de faire recuire soigneusement, après avoir été forgés, tous les objets qui demandent une grande tenacité, comme boulons d'affuts, sous-bandes, chevilles-ouvrières, etc., etc., etc., que l'on écrouit et qu'on martèle souvent, pour les finir, long-temps après avoir cessé d'être rouges.

---

## Nivellement *des principaux Sommets de la chaîne des Pyrénées.*

Par M. Reboul,

Correspondant de l'Académie des Sciences.

Un grand nombre d'années s'est écoulé depuis que M. Vidal et moi avions projetté d'étudier et de déterminer les hauteurs relatives et absolues des points les plus remarquables de la chaîne des Pyrénées. C'est dans cette vue que nous entreprîmes le nivellement du pic du Midi au-dessus de la plaine de Tarbes. Cette partie de notre

travail, la plus pénible et la plus ingrate, fut heureusement exécutée en 1787. J'en rendis compte, dans le temps, à l'Académie des Sciences : le Mémoire que j'ai eu l'honneur de lui soumettre fut imprimé en 1790, dans le 4e volume des *Mémoires de l'Académie de Toulouse*, et en 1792 dans les *Annales de Chimie*, tome XIIIe.

Ayant ainsi préparé aux observateurs une échelle verticale de 1371 toises, divisée en plusieurs intervalles dont l'ensemble et toutes les parties étaient mesurés avec rigueur, nous nous proposions d'appliquer à cette distance graduée les diverses méthodes qu'on emploie à la mesure des hauteurs, et principalement les méthodes trigonométriques et barométriques : d'en comparer les résultats à ceux de la mesure exacte, et d'apprécier l'étendue des variations dont de telles déterminations sont susceptibles, par l'effet des changemens de densité et de température des couches de l'atmosphère. Ce travail, dont M. de Luc de Genève et le chevalier Schukburgh avaient donné l'exemple, dans les Alpes, sur une hauteur bien moins considérable que celle du pic du Midi, avait intéressé plusieurs savans, et l'illustre Lavoisier s'était promis d'y prendre part.

Les événemens de la révolution ajournèrent le moment de compléter ce travail et en firent bientôt perdre l'idée. Les entreprises littéraires qui exigent la réunion spontanée de plusieurs coopérateurs ne peuvent se réaliser que dans le sein de la paix et des loisirs philosophiques (1).

(1) L'objet de notre travail n'a point été perdu, et l'Observatoire préparé par nous a fourni à M. Ramond l'occasion

En 1789, impatient de parcourir la chaîne, et n'osant plus espérer de voir s'achever le travail préliminaire qui devait éclairer mes observations, je partis au mois de

---

et le moyen de faire les nombreuses observations auxquelles on doit le degré de précision dont est susceptible maintenant la mesure barométrique. Lorsque M. de Laplace a eu soumis ce problême à l'analyse la plus rigoureuse et la plus savante, c'est en appliquant sa formule aux observations faites aux deux extrémités de l'échelle mesurée entre Tarbes et le sommet du pic du Midi, que M. Ramond a prouvé la nécessité de porter à 18393 le coefficient qui avait d'abord été indiqué à 17971.

Mais ce qui met le comble à la satisfaction que M. Vidal et moi devons éprouver à la suite de notre travail, c'est que, toutes imparfaites et insuffisantes que nous avions jugé les opérations barométriques qu'il nous avait été permis de faire en 1787, leur résultat est entièrement conforme à ce qui a été reconnu et déterminé depuis. J'en rendis compte très-succinctement vers la fin du Mémoire sur le nivellement du pic du Midi. On y lit à l'avant-dernière page : « Le résul-
» tat général de ces observations est que la simple différence
» des logarithmes des hauteurs des baromètres fournit une
» mesure plus approchante de la vraie, que lorsqu'on y ap-
» plique les corrections de M. de Luc; mais que la mesure
» est encore moins inexacte lorsqu'on prend le douzième
» degré du thermomètre pour celui auquel il ne faut point
» corriger la longueur de la colonne d'air, et que, pour cha-
» que degré de plus ou de moins, on ajoute ou on retranche
» $\frac{1}{200}$ de la hauteur indiquée par les logarithmes. »

M. Pictet, voulant mettre à la portée du plus grand nombre des observateurs la pratique de la formule de M. de Laplace et la traduire du langage algébrique, a déterminé

juillet, et me dérobai pendant quelque temps aux agitations politiques, dont les secousses m'atteignirent plusieurs fois jusque dans les rochers déserts que j'habitai pendant deux mois (1).

---

d'après elle le degré de température où la différence des logarithmes des hauteurs exprimées en lignes ne doit pas être corrigée, et a fixé cette température normale au douzième degré du thermomètre octogésimal.

M. de Luc avait choisi le terme de...... 16°.75;
M. Trembley celui de................ 11.50.

La correction à faire pour chaque degré de température, au-dessus ou au-dessous du terme normal, avait été réglée par M. de Luc à $\frac{1}{215}$. M. Trembley l'avait réduite à $\frac{1}{192}$. Ce coefficient est maintenant établi par M. Pictet à $\frac{5}{1000} = \frac{1}{200}$. Ainsi le coefficient généralement adopté aujourd'hui, et qui exprime la loi selon laquelle la hauteur d'une colonne atmosphérique est modifiée par la température moyenne, est rigoureusement le même que celui qui avait été déduit de nos observations faites en 1787, et qui fut communiqué à l'Académie et publié sans aucun développement. L'honneur de cette détermination appartient à M. Vidal, dont j'étais bien plus le disciple que le collaborateur; ce fait, qui confirme si bien les résultats obtenus par M. Ramond, n'atténue, du reste, en rien le mérite de son travail. Nos observations barométriques de 1787 ne lui ont point été connues, et il a su même que nous n'y avions pas ajouté assez de confiance pour en déduire une règle. Quant à ce peu de mots publiés en 1792, j'avoue que je les ai moi-même oubliés pendant vingt-cinq ans, jusqu'au moment où j'ai repris l'étude des Pyrénées et des objets qui y ont rapport.

(1) J'eus pour collaborateur et compagnon assidu un jeune

J'étais muni d'un baromètre et de l'instrument propre à mesurer de petits angles, que j'ai décrit dans le Mémoire sur le nivellement du pic du Midi; le baromètre se rompit dès les premières courses : je regrettai peu cet instrument dans l'impossibilité où j'étais de me procurer des observations correspondantes à celles que j'aurais pu faire dans mes diverses stations. Je me bornai donc à observer les angles de hauteur ou de dépression apparente des sommets les plus remarquables, en choisissant pour mes stations des points dont la position fût bien connue, ou pût être déterminée par mes propres observations (1).

---

Ecossais, issu d'une illustre famille, qui partagea mes fatigues et mes jouissances, et dont le souvenir m'est toujours présent malgré le laps des années et les dissensions politiques.

(1) La grande carte de l'Observatoire a rendu ce travail très-facile, bien que les détails géographiques des régions élevées de la chaîne Pyrenaïque n'y soient pas rendus avec la même exactitude que ceux des régions dont l'abord est plus facile. Les sommets et les crêtes se sont trouvés assez généralement placés conformément aux nombreuses observations que j'ai été à portée de faire, et les différences que j'ai pu y trouver tiennent plus à la nomenclature des montagnes qu'à leur vraie position. Il n'en est pas de même de la carte de Roussel, qui offre souvent des détails intéressans, mais est sujette à des erreurs très-graves dans la disposition des grandes masses et la situation des points principaux. Je n'ai pu m'en servir pour déterminer les positions des sommets non compris dans la carte française, tels que ceux du mont

Ces points furent le pic d'Arré, dans la vallée d'Aure; celui de Irré, dans celle de Gistain; le pic Quairat, dans la vallée d'Oo; le pic Crabère, dans la vallée de Melles; celui d'Appi-St.-Barthélemi, aux sources de Lers.

Les nombreuses observations que je fis de ces cinq sommets et de quelques autres points intermédiaires, se liant à celles de M. Vidal, et aux observations que j'avais faites dans le Béarn en 1786, embrassent tout l'intervalle de la chaîne occupée par de hautes montagnes, depuis le pic d'Anie jusqu'au Canigou.

J'ai pu ajouter pendant l'été dernier (1816) quelques observations à celles faites antérieurement; leurs résultats se sont mutuellement confirmés. Mes nouvelles stations ont été : le sommet de Poëylouvic, à l'origine des vallées de l'Arboust, d'Oüeil et de Bareilles, et la serre de St.-Paul, entre les vallées d'Oüeil et de Luchon. J'ai eu le regret de ne pouvoir joindre à mon travail l'observation des hauteurs apparentes des deux montagnes de Perdighero et de Clarabide, dont la détermination eût complété celle des sommets les plus remarquables de la chaîne.

---

Perdu, de Maladetta, de Biédous, de Posets et de l'Irré; mais les angles horizontaux que j'ai pris des sommets d'Arré, de Quairat, de Crabère et de l'Irré lui-même, ont présenté un accord suffisant pour déterminer les positions cherchées, et par conséquent les distances des points mesurés au lieu de l'observation. Ces déterminations m'ont mis à portée de prolonger la carte de l'Observatoire jusqu'aux points les plus remarquables des Pyrénées espagnoles.

Je vais d'abord présenter la série des observations, en suivant la direction d'occident en orient.

*Observations faites au pic d'Anie le 28 juillet 1786.*

| | Angle observé. | Distance. | Hauteur conclue. |
|---|---|---|---|
| | | Toises. | Toises. |
| Pic de Midi d'Osseau.... | +0°.46'. 0" | 13500 | + 205; |
| — d'Aule............. | + 0.50 .30 | 11100 | + 179; |
| — de Vignemale....... | + 0.40 . 0 | 26200 | + 395. |

*Observation faite à Oléron.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pic d'Anie............. | + 4°.30'.0" | 15000 | + 1210. |

*Observations faites au pic de Midi de Bigorre avec M. Vidal en août 1787.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Monvallier............. | — 0°.21'.49" | 40500 | — 43; |
| Arbison............... | — 0 .16.54 | 6700 | — 27; |
| Maladetta.............. | + 0 .19.58 | 28600 | + 273; |
| Posets................. | + 0 .32.16 | 20600 | + 249; |
| Cambielle.............. | + 0 .59. 2 | 9100 | + 167; |
| Neige-Vieille.......... | + 1 . 1.11 | 6600 | + 123; |
| Pic-Long.............. | + 1 . 6.25 | 8000 | + 163; |
| Mont-Perdu............ | + 0 .47. 2 | 16300 | + 258; |
| Couroua ou Bergons..... | — 3 .10.57 | 8100 | — 442; |
| Vignemale............. | + 0 .41.30 | 15600 | + 220; |
| Badescure............. | + 0 .16.17 | 17400 | + 122; |
| Arrieugrand........... | 0 . 0. 0 | 19200 | + 48. |

*Observations faites au pic de Midi de Bigorre en 1786.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Brèche de Roland........ | + 0°. 6'. 0 | 16400 | + 64; |
| Montaigu............... | — 4 . 6. 0 | 4300 | — 506. |

*Observations faites au sommet de Gouroua ou Bergons, avec M. Vidal, le 1er août 1787.*

| | Angle observé. | Distance. Toises. | Hauteur concl. Toises. |
|---|---|---|---|
| Pic de Viscos | + 0° . 5'. 31". | 4800 | + 11; |
| — de Midi | + 2 . 54 . 2. | 8100 | + 419; |
| Marboré Mont-Perdu | + 3 . 44 . 10. | 9600 | + 639; |
| *Idem* Cylindre | + 3 . 54 . 56. | 9000 | + 626; |
| *Id.* pic de la Cascade | + 3 . 53 . 23. | 8300 | + 573; |
| Le Taillon | + 3 . 22 . 19. | 9000 | + 541; |
| Tour de Marboré occidentᵉ. | + 2 . 56 . 11. | 8600 | + 451; |
| Brèche de Roland | + 2 . 43 . 35. | 8900 | + 434. |

*Observations faites au sommet de Neige-Vieille-Cap-Longue, crête qui sépare les vallées de Pragnères et de Couplan, avec M. Vidal, en août 1787.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pic de Midi | — 0° . 49'. 30". | 7000 | — 94; |
| Mont-Perdu | + 0 . 54 . 25. | 9200 | + 157; |
| Marboré-Cylindre | + 0 . 50 . 26. | 8700 | + 138; |
| Vignemale | + 0 . 38 . 44. | 11000 | + 1[illegible]0. |

*Observations faites à Sarriguet en 1786 et 1787.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pic de Midi | + 3° . 21'. 24". | 22100 | + 1360; |
| Arbison | + 2 . 38 . 21. | 26700 | + 1324; |
| Vignemale | + 2 . 33 . 0. | 32800 | + 1602; |
| Badescure | + 2 . 30 . 59. | 31100 | + 1494; |
| Arrieugrand | + 2 . 23 . 0. | 31100 | + 1421; |
| Montaigu | + 3 . 2 . 20. | 19200 | + 1068. |

*Observations faites au sommet inférieur d'Arré, vallée de Tramesaigues, le 25 juillet 1789.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pic de Midi | — 0° . 4'. 45". | 12900 | — 3,88. |

*Suite des Observations faites au sommet inférieur d'Arré.*

| | Angle observé. | Distance. | Hauteur concl. |
|---|---|---|---|
| | | Toises. | Toises. |
| Neige-Vieille............ | +0°.50'. 0". | 8500 | +133,39; |
| Mont-Perdu............ | +1 .23.15. | 10800 | +276,90; |
| Marboré-Cylindre....... | +1 .16. 0. | 10700 | +252; |
| Vignemale............. | +0 .37.45. | 17900 | +238,53; |
| Baroude du port de Plan.. | +0 .23.30. | 3800 | + 27,86; |
| Cambielle.............. | +1 .19.30. | 6800 | +163,23; |
| Biédous, près le port de la Pez............... | +1 .48. 0. | 6000 | +193,34; |
| Troumouse............. | +1 .15. 0. | 6700 | +152,00. |

*Observations faites au sommet de l'Irré le 29 juillet 1789.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Maladetta-Néthou........ | +2°. 8'. 0". | 11500 | +445,73; |
| Cieyo de l'Astos......... | +1 . 2.15. | 3800 | + 70; |
| Mont-Perdu............ | +1 .22. 0. | 16000 | +415,27; |
| Vignemale............. | +0 .37.45. | 25500 | +365,28. |

*Observations faites au col de Peyresourde le 3 août 1789.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pic de Héas............ | +3°. 8'.15". | 14200 | +804,61; |
| Montoulieu............ | +2 .15.30. | 18800 | +787,49; |
| Crabère............... | +2 . 7. 0. | 16500 | +645,40. |

*Observations faites au pic Quairat le 6 août 1789.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mont-Perdu............ | +0°.17'.45". | 20500 | +161,07; |
| Vignemale............. | +0 . 1.15. | 28300 | +116; |
| Posets................ | +2 .19.30. | 4900 | +202,11; |
| Maladetta............. | +1 .34. 0. | 7900 | +224; |
| Hermittans............ | −0 .38.30. | 2900 | − 31,37. |

*Suite des Observations faites au pic de Quairat.*

| | Angle observé. | Distance. | Hauteur concl. |
|---|---|---|---|
| | | Toises. | Toises. |
| Neige-Vieille............... | —0°. 4′.45″. | 18300 | + 18,57; |
| Pic de Midi............ | —0 .24.15. | 20300 | — 8,922; |
| Cagire.................. | —2 .23.45. | 16500 | —654,68; |
| Montouliou............. | —0 .30.30. | 17800 | — 113; |
| Arbison............... | —0 .37. 0. | 13700 | —122,82; |
| Pic d'Arré inférieur..... | —0 .36. 0. | 10300 | — 93,94; |
| *Idem* supérieur......... | —0 .31. 0. | 10300 | — 76; |
| Moncal................ | —0 .15.45. | 38000 | + 16,13. |

*Observations faites au sommet de Crabère le 25 août* 1789.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Monvallier.............. | +0°.36′.30″. | 9100 | + 107,50; |
| Moncal................ | +0 .31.00. | 24909 | + 305,13; |
| Montouliou............. | +2 .50. 0. | 3000 | + 149,66; |
| Mont de Rious.......... | +0 .46.30. | 10400 | + 154,87; |
| Maladetta.............. | +1 .46.30. | 14100 | + 463,30; |
| Posets................. | +1 . 3. 0. | 20400 | + 428; |
| Quairat................ | +0 .49.30. | 16000 | + 267; |
| Marboré-Cylindre....... | +0 .21. 0. | 36100 | + 391; |
| Arré supérieur.......... | +0 . 8.15. | 25400 | + 145,09; |
| Arré inférieur.......... | +0 . 6.15. | 25400 | + 130,31; |
| Aiguillon de Héas....... | +0 . 4.30. | 30900 | + 165,65; |
| Pic de Midi............. | +0 . 0.30. | 31200 | + 132,53; |
| Arbison................ | +0 . 4. 0. | 25100 | + 111,70; |
| St.-Barthelemi-Appi-Tabe. | —0 .33.30. | 38500 | — 180,79. |

*Observations faites à la montagne d'Appi, Tabe ou Saint-Barthelemi, le 9 septembre* 1789.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pic de Midi............. | —0°.19′. 0″. | 69200 | + 244,53. |

*Suite des Observations faites à la montagne d'Appi, Tabe ou Saint-Barthelemi.*

| | Angle observé. | Distance. Toises. | Hauteur concl. Toises. |
|---|---|---|---|
| Arbison | —0°.17′.30″. | 63400 | +212,48; |
| Crabère | —0 .33. 0. | 38500 | +175,19; |
| Monvallier | +0 .19.15. | 29500 | +279,27; |
| Quairat | —0 .0. 30. | 53700 | +370,26; |
| Posets | +0 . 4.15. | 57500 | +504,62; |
| Maladetta | +0 .18.30. | 48600 | +571,26; |
| Bassies | +0 .35.30. | 17600 | +222,34; |
| Moncal | +1 .21.45. | 18500 | +484,84; |
| Pic de Siguer | +1 .16.30. | 13000 | +311,53; |
| La Serrêre | +1 .21. 0. | 12800 | +323,16; |
| Fontargente | +1 .18. 0. | 10600 | +255,29; |
| Pic Pédroux | +1 . 5.45. | 14100 | +295,79; |
| Lanoux | +1 . 6.30. | 13000 | +273,69; |
| Pic Peiric | +0 .49.15. | 14500 | +235,22; |
| Roc Blanc | +0 .22. 0. | 13500 | +110,31; |
| Canigou | +0 . 9.15. | 33400 | +238,38; |
| Mosset | —0 . 1.45. | 20300 | — 43,65. |

*Observations faites au sommet de Poeylouvic le* 14 *août* 1816.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Maladetta-Néthou | +2°.28′. 0″. | 15200 | +685,04; |
| *Idem* occidentale | +2 .28. 0. | 13800 | +619,48; |
| Tuque del Maoupas | +3 .11.12. | 9200 | +523,33; |
| Crabioules occidentale | +3 .24. 0. | 9200 | +557,70; |
| Quairat | +3 .23.12. | 8100 | +487,92; |
| Pic de Midi | +1 .29.36. | 14800 | +414,55; |
| Troumouse | +1 .51.12. | 16000 | +551,28; |
| Aiguillon de Héas | +1 .33.36. | 15200 | +444,22. |

*Observations faites au sommet de la Serre de Saint-Paul le 7 septembre 1816.*

| | Angle observé. | Distance. | Hauteur concl. |
|---|---|---|---|
| | | Toises. | Toises. |
| Pique Fourcanade ....... | + 2°.24′.48″. | 13800 | + 606,61; |
| Bacanère ............... | + 2.21.36. | 4600 | + 192,38; |
| Pic de Gar ............. | — 1.14.24. | 8200 | — 25,54; |
| Pic de Midi ............ | + 1.29.36. | 18800 | + 536,40; |
| Poeylouvic ............. | + 1.41.36. | 4100 | + 123,53. |

Les calculs de ces hauteurs ont été non-seulement revus et vérifiés par M. Vidal, premier auteur de ce travail, mais il en a encore facilité et simplifié l'exécution par le soin qu'il a pris de rédiger une table au moyen de laquelle les hauteurs observées sont, par une seule opération, corrigées de la double erreur occasionnée par la courbure de la terre et par l'effet de la réfraction atmosphérique. Au moyen de cette table qu'il me permet d'offrir aux observateurs (1), le calcul de chaque auteur se réduit à la résolution d'un triangle rectangle formé par la ligne de la distance, l'angle observé à l'extrémité de cette ligne où se fait l'observation, et l'angle droit que donne la perpendiculaire abaissée ou élevée du sommet observé sur l'autre extrémité.

L'effet de la réfraction est corrigé dans cette table par le retranchement de la 14e partie de l'arc de cercle compris entre le lieu de l'observation et le point observé. Cette proportion résulte des observations faites en 1787 sur les

(1) M. Reboul nous a adressé cette table; mais comme elle est très-facile à construire, nous avons cru pouvoir nous dispenser de la faire imprimer. (R.)

points dont la hauteur nous était connue par le nivellement, et est entièrement conforme à la règle établie par Bouguer et par le père Boscowich. Les académiciens qui viennent d'établir les bases du système métrique ont choisi une proportion moins forte et égale à un peu plus que le douzième de l'arc intercepté.

On trouve, dans le Mémoire (1) sur les mesures trigonométriques exécutées en Angleterre, depuis 1791 jusqu'en 1794, une table de 31 résultats de réfractions observées entre diverses stations. Leur effet varie, depuis le 7^e^ jusqu'au 18^e^ de l'arc terrestre, compris entre le lieu de l'observation et le lieu observé. Nos observations faites à Sarniguet nous ont offert, dans un espace de peu de jours, des variations dont les limites sont aussi étendues. On sait que la réfraction terrestre varie, pour une même station, aux différentes heures de la journée; cette variation est rendue plus sensible par les alternatives d'humidité et de sécheressse, par le degré de transparence ou par l'état vaporeux de l'atmosphère: mais à quelles inégalités ne doit-on pas s'attendre en observant dans les montagnes où chaque station fait parcourir au rayon visuel, des couches d'air de densités différentes selon qu'on est plus ou moins élevé, ou selon que les observations sont dirigées à travers des régions dont l'air est échauffé par la température des vallées, ou refroidi par le contact des neiges et des glaces? La recherche des lois auxquelles ces variations sont soumises est encore ouverte au zèle des observateurs, et mérite bien de fixer leur attention.

(1) *Bibliothèque britannique*, tome V, page 34.

Il me reste à exposer l'usage que j'ai fait de ces diverses observations, en les comparant et combinant entre elles, pour en déduire la hauteur approximative des sommets observés.

On a vu, par les travaux exécutés au pic de Midi de Bigorre, que cette montagne avait été choisie comme point de départ et terme de comparaison aux autres observations. Il faudra donc, avant tout, chercher à connaître exactement sa hauteur au-dessus de la mer. Les observations directes nous manquent pour atteindre ce but; mais l'accord remarquable qui se trouve entre les deux méthodes dont je vais rendre compte me fait penser qu'on peut adopter la détermination qui en résulte.

1°. La hauteur du Canigou, sur la mer, avait été fixée en 1701 à 1441 toises par les académiciens qui tracèrent la méridienne. Ceux qui ont refait dernièrement ce travail pour établir les bases du système métrique, ont employé des méthodes perfectionnées et des instrumens plus parfaits. On trouve dans le bel ouvrage dû à leurs soins neuf mesures du Canigou, conclues par M. Méchain. Deux de ces mesures ont été rejetées par l'auteur, comme évidemment erronnées; mais M. Vidal, qui les avait calculées lors de leur première publication, s'est assuré qu'elles étaient conformes aux autres, et que l'erreur qui les a fait rejeter s'était glissée dans le calcul, et n'appartient point aux observations elles-mêmes. . . . .

Les sept autres mesures sont :

| | |
|---|---|
| Par Carcassonne, | 1426 toises; |
| — Alaric, | 1432; |
| — Bugarach, | 1426; |

| | |
|---|---|
| Par Forceral, | 1431 toises; |
| — Espira, | 1411; |
| — Salces, | 1458; |
| — Perpignan, | 1432. |

La limite des discordances entre ces déterminations est de 47 toises, et une différence aussi grande dans des circonstances où on ne peut mettre en question ni la perfection des instrumens, ni l'habileté de l'observateur, prouve suffisamment combien la méthode trigonométrique de la mesure des hauteurs est encore imparfaite.

La hauteur moyenne du Canigou, conclue d'après ces observations, est de 1431 toises. Des mesures souvent répétées au château de Bonrepos ont prouvé à M. Vidal que la hauteur du pic de Midi de Bigorre, excédait de 60 toises celle du Canigou. Or, la justesse de cette détermination est d'autant moins douteuse que les distances de Bonrepos au pic de Midi et au Canigou sont exactement égales, et sujettes par conséquent à produire les mêmes effets sur la réfraction du rayon visuel. Ce rapport fixe la hauteur du pic de Midi, à 1491 toises.

2°. La hauteur de Toulouse, au-dessus du niveau de la mer, établie par le nivellement du canal, est de (1) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 70 toises.

---

(1) Hauteur de la Garonne auprès de Toulouse, sur la mer. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 65 toises;

De l'appartement où ont été faites les observations barométriques, au-dessus de la Garonne. 5

70 toises.

*Voyez* le nivellement du canal, dans l'*Histoire du canal du Midi,* par le général Andréossi.

Celle de Sarniguet, où a commencé notre nivellement, au-dessus de Toulouse, peut être déduite de 6 observations barométriques, faites les 22, 23 et 24 août 1787, et dont les résultats, calculés d'après les tables publiées en 1810 par M. Pictet, sont, comme il suit :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1re observation, | 51 toises | 2 | moyenne 55. |
| 2e | 59 | 2 | |
| 3e | 54 | 6 | |
| 4e | 54 | 1 | |
| 5e | 59 | 5 | |
| 6e | 55 | 0 | |

| | | |
|---|---|---|
| La hauteur moyenne de Sarniguet au-dessus de la mer serait fixée à . . . . . . | 125 toises. | 1496. |
| Celle du pic de Midi, au-dessus de Sarniguet, déterminée par le nivellement, est de . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1371 | |

Cette opération peut être répétée et vérifiée au moyen de quatre observations barométriques faites à Toulouse et à Tarbes, la même année, les 21, 22 et 25 août, et dont voici les résultats :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Hauteur de Tarbes sur Toulouse. | 1re observ. | 82 tois. | moyenne 80,5 toises. |
| | 2e | 79 | |
| | 3e | 80 | |
| | 4e | 80 | |

| | | |
|---|---|---|
| Hauteur de Toulouse. . . . . . . . . . . . . | 70,0. | |
| Hauteur de Tarbes sur la mer. . . . . . . | 150,5 | 1493. |
| Hauteur du pic de Midi, au-dessus de Tarbes, déterminée par le nivellement. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 1342,5 | |

| | |
|---|---|
| La hauteur du pic de Midi, d'après les nivellemens de Toulouse, Tarbes et Sarniguet, peut donc être fixée à. . . . | 1495 toises. |
| Par son rapport à celle du Canigou, à | 1491 |
| Hauteur moyenne. . . . | 1493 = 2908.mèt. 95. |

Cette évaluation est inférieure de 13 toises à celle que nous avions adoptée en 1787.

Voici maintenant la série des principaux sommets mesurés, suivant la direction d'occident en orient.

Pic d'Anie à l'origine des vallées d'Aspe et de Baretous.

Ce point est le premier, en partant de l'Océan, dont la hauteur excède 1200 toises. Nous avions cru l'avoir observé du sommet du pic de Midi ; mais la vue nous en était dérobée par le pic Gabisos. J'ai observé le pic d'Anie, de la ville d'Oleron, dont la hauteur n'est pas connue : je ne puis donc déterminer sa hauteur que par celle des montagnes que j'ai observées, étant à son sommet.

Par Vignemale, dont la hauteur se trouve plus loin déterminée. . . . . . . . . . . . . 1721 toises.

— 395

Hauteur du pic d'Anie. . . 1326 = 2583 mètres 6.

Pic d'Aule, vallée d'Osseau.

| | toises. | mètres. |
|---|---|---|
| Par l'observation faite au pic d'Anie... | 1505 = | 2932,5. |

Pic de Midi d'Osseau.

| | | |
|---|---|---|
| Par l'observation faite au pic d'Anie. . | 1531 = | 2983,0. |

Pic d'Arrieugrand, à l'extrémité du val d'Azun.

| | | |
|---|---|---|
| Par le pic de Midi de Bigorre... | 1541 | 1541 = 3002,5. |
| Par Sarniguet................ | 1541 | |

Pic de Badescure, à l'extrémité de la vallée de Brun.

| | | |
|---|---|---|
| Par le pic de Midi............. | 1615 | 1615,5 = 3146,7. |
| Par Sarniguet................ | 1616 | |

Montagne de VIGNEMALE, à l'origine des vallées de Canteretz et d'Ossonne.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | toises. | mètres. |
| Par le pic de Midi | 1713 | } | 1721 = | 3353,2. |
| Par Neige-Vieille-Cap-Longue | 1727 | | | |
| Par Sarniguet | 1724 | | | |

Monts MARBORÉ, à la naissance du Gave de Pau.

1°. MONT-PERDU, sommet le plus élevé des monts Marboré.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par le pic de Midi | 1751 | } | 1747 = 3403,9. |
| Par Neige-Vieille-Cap-Longue | 1744 | | |

Les observations faites postérieurement aux pics d'Arré et de Quairat s'écartent peu de cette détermination, et je ne puis expliquer pourquoi celles faites en 1787 au sommet de Bergons tendent à la réduire de 40 toises; c'est une de ces anomalies qu'on est tenté d'attribuer aux inégalités de l'effet des réfractions, lorsqu'on ne peut d'ailleurs avoir aucun doute sur la régularité de l'observation.

2°. CYLINDRE DE MARBORÉ.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | toises. | | toises. | mètres. |
| Par Cap-Longue | 1725 | } moyenne | 1729.5 = | 3368,8. |
| Par Bergons (1) | 1734 | | | |

3°. Pic de la CASCADE (2).

Par Bergons, suivant la règle ci-dessus.
(*Voyez* la note 1) . . . . . . . . . . . . . . . 1681 = 3275,3.

---

(1) En prenant pour terme de comparaison des observations qui y ont été faites, celle du Mont-Perdu, ce qui attribue à Bergons une hauteur de 1108 toises.

(2) C'est celui qui est visible de Gavarnie, et que

4°. Tour de Marboré.

| | toises. | | mètres. |
|---|---|---|---|
| Par Bergons, suivant la même règle... | 1559 | = | 3037,6. |

5°. Brèche de Roland.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Bergons, suivant la même règle... | 1542 | = | 3004,4. |

6°. Le Taillon.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Bergons, suivant la même règle... | 1649 | = | 3112,9. |

Pic de Couroua ou Bergons.

| | toises. | | | |
|---|---|---|---|---|
| Par l'observation du pic de Midi faite à Bergons............ | 1074 | | | |
| Par l'observation de Bergons faite au pic de Midi............... | 1051 | | | |
| Par l'observation du mont Perdu faite à Bergons............ | | 1108 | = | 2158,8. |

La moyenne des deux premières déterminations ferait considérer les sommets observés au sud de Bergons comme inférieurs d'environ 40 toises à leur hauteur déjà connue et confirmée par les observations ultérieures. Sans pouvoir déterminer la cause d'une différence aussi considérable, je me suis servi de la dernière détermination non comme étant la plus vraie, mais comme la seule propre à faire connaître les hauteurs relatives des divers sommets de Marboré, qui ne peuvent être mieux observés d'ailleurs.

---

M. Ramond a désigné sous le nom de *plate-bande du cylindre.*

Les trois principaux sommets des monts Marboré sont appelés en arragon les *Trois-Sœurs.*

Pic Montaigu.

| | toises. | | toises. | mètres. |
|---|---|---|---|---|
| Par le pic de Midi... | 1187 | moyenne | 1192.5 | =2323,5. |
| Par Sarniguet....... | 1198 | | | |

Pic Neige-Vieille-Cap-Longue, à l'origine des vallées de Pragnères et de Couplan.

Par l'observation du pic de Midi faite à Cap-Longue.................. 1587 = 3092,1.

Grand pic de Neige-Vieille, entre les vallées de Baréges et de Couplan.

Par le pic de Midi................ 1616 = 3148,6.

Pic Long, vallée de Gédre.

Par le pic de Midi................ 1656 = 3226,5.

Pic Cambielle, à l'origine des vallées de Gédre et d'Aragnouet.

Par le pic de Midi................ 1660 = 3234,3.

Aiguillon de Héas, près le col de Gédre.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Crabère............ | 1520 | .. 1523 | = 2967,4. |
| Par le col de Peyresourde. | 1510 | | |
| Par Poeylouvic.......... | 1536 | | |

Troumouse, vallée de Héas.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Arré.............. | 1637 | .. 1642 | = 3199,3. |
| Par Poeylouvic.......... | 1647 | | |

Pic d'Arbison, vallée d'Aure.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par le pic de Midi....... | 1466 | .. 1460 | = 2844,7. |
| Par Sarniguet........... | 1454 | | |

Pic d'Arré inférieur, vallée d'Aure.

| | toises. | | toises. | | mètres. |
|---|---|---|---|---|---|
| Par l'observation du pic de Midi..... | 1489 | moyenne | 1485 | = | 2893,4. |
| *Id.* de Neige-Vieille. | 1483 | | | | |
| *Id.* de Cambielle.... | 1493 | | | | |
| *Id.* de Vignemale... | 1482 | | | | |
| *Id.* du Cylindre de Marboré........ | 1477 | | | | |

Pic d'Arré supérieur.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Par Quairat........ | 1509 | ...... | 1504 | = | 2930,4. |
| Par Crabère....... | 1499 | | | | |

Pic Baroude, près le port de Plan.

Par le pic d'Arré............... 1532 = 2984,9.

Pic Biédous en Espagne, vallée de Gistain, au-delà du port de la Pez.

Par le pic d'Arré............... 1566 = 3246,0.

Pic d'Irré en Espagne, vallée de Gistain. La hauteur de cette montagne a été déterminée par les observations qui y ont été dirigées sur les deux sommets principaux des Pyrénées, la Maladetta et le Mont-Perdu, entre lesquels elle se trouve placée.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Par Maladetta............ | 1341 | . | 1336,5 | = | 2604,0. |
| Par Mont-Perdu.......... | 1332 | | | | |

Pic Posets, sommet principal de la montagne d'Erist, vallée de l'Astos de Venasque.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Par le pic de Midi....... | 1742 | . | 1764 | = | 3437,0. |
| Par Quairat.............. | 1787 | | | | |

**Tuque de Cieyo**, vallée de l'Astos de Venasque.

| | | toises. | | mètres. |
|---|---|---|---|---|
| Par l'Irré.................... | moyenne | 1406 | = | 2739,4. |

**Pic Maladetta** oriental, dit *Néthou*, vallée de l'Essera (1).

| | toises. | | |
|---|---|---|---|
| Par le pic de Midi.... | 1766 | } ........ 1787 | = 3481,8. |
| Par Quairat......... | 1809 | | |

**Pic Quairat**, vallée de l'Astos d'Oó.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par l'observation du Mont-Perdu faite à Quairat.................. | 1586 | } ....... 1585 | = 3087,2. |
| *Id.* de Neige-Vieille.. | 1597 | | |
| *Id.* du pic de Midi ... | 1582 | | |
| *Id.* d'Arbison........ | 1583 | | |
| *Id.* du pic d'Arré.... | 1579 | | |

(1) Ces mesures sont dirigées vers le sommet oriental de cette vaste montagne; ce sommet est appelé *Néthou*, du nom du village espagnol qui l'avoisine au sud-est. D'après l'observation faite à Poeylouvic, il surpasse de 65 toises le sommet occidental qui, placé en face du port de Venasque, a attiré presqu'exclusivement l'attention et les visites des observateurs.

L'observation de cette montagne par Crabère indique une hauteur de 1817 toises; celle par Appi la réduit à 1763.28. Il semble que les observations faites à Quairat et à Crabère mériteraient plus de confiance, comme étant faites à de moindres distances; mais la crainte d'offrir une évaluation exagérée m'a fait préférer la moyenne entre les observations faites à Quairat et au pic du Midi. Celle des observations faites à Crabère et à Appi donne pour résultat 1790 toises, qui ne diffère que de *trois toises* de celui que j'ai adopté.

POEYLOUVIC, à l'origine des vallées de l'Arboust et d'Oueil.

| | toises. | | toises. | | mètres. |
|---|---|---|---|---|---|
| Par l'observation de Quairat............. | 1097 | moyenne | 1092 | = | 2127,7. |
| *Id.* du pic de Midi... | 1078 | | | | |
| *Id.* de Maladetta..... | 1102 | | | | |

Pic HERMITTANS, entre les vallées d'Oo et de Clabaride.

Par Quairat........................ 1554 = 3027,8.

Pic de CRABIOULES occidental, à l'est du portillon d'Oo.

Par Poeylouvic...................... 1650 = 3214,9.

TUQUE DEL MAOUPAS, à la naissance de la vallée de la Lys.

Par Poeylouvic...................... 1615 = 3146,7.

Serre de SAINT-PAUL, entre les vallées d'Oueil et de Luchon.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Par l'observation du pic de Midi.......... | 957 | ...... | 962,5 | = | 1875,4. |
| *Id.* de Poeylouvic... | 968 | | | | |

CRABÈRE, entre les vallées de Melles et de Canejau.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Par l'observation du pic de Midi.......... | 1360 | ...... | 1354 | = | 2638,1. |
| *Id.* d'Arbison........ | 1348 | | | | |
| *Id.* d'Arré inférieur.. | 1355 | | | | |

Pique FOURCANADE en Espagne, vallée de l'Esera.

Par la serre de Saint-Paul.......... 1569 = 3057,1.

Pic de Rious, près le port d'Arties, vallée d'Aran.

| | | toises. | | mètres. |
|---|---|---|---|---|
| Par Crabère.................. | moyenne | 1509 | = | 2940,1. |

Pic de Montouliou, près l'étang de Léat (tuque de Maubern des Espagnols).

| | toises. | | | |
|---|---|---|---|---|
| Par Quairat.......... | 1472 | } | 1488 | = 2899,27 |
| Par Crabère.......... | 1504 | | | |

Pic de Monvallier, aux sources du Salat.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Par le pic de Midi... | 1450 | } | 1455 | = 2834,91 |
| Par Crabère.......... | 1461 | | | |

Pic d'Appi-St.-Barthelemi, aux sources du Lers.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Par Crabère.......... | 1173 | } | 1192 | = 2322,55 |
| Par l'observation de Crabère faite à Appi.. | 1179 | | | |
| *Id.* celle de Montvallier.................. | 1176 | | | |
| *Id.* de Quairat...... | 1215 | | | |
| *Id.* de Maladetta.... | 1216 | | | |

Pic de Moncal, au S.-O. de Vicdessos.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Par Crabère.......... | 1660 | } | 1668 | = 3250,0. |
| Par Appi............. | 1679 | | | |

Pic du port de Siguer.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Appi.......................... | 1504 | = | 2930,4. |

Pic de la Serrère, vallée d'Aston.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Appi.......................... | 1515 | = | 2951,8. |

Pic de Fontargente, vallée de Sarignac.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Appi.......................... | 1447 | = | 2819,[illegible] |

Pic Pédroux, vallée de l'Arriège de Mérens.

| | | toises. | | mètres |
|---|---|---|---|---|
| Par Appi ................ | moyenne | 1490 | = | 2903,1. |

Pic Lanoux, aux sources de la Ségre.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Appi ........................ | 1466 | = | 2856,4. |

Pic Peiric, aux sources de l'Arriége et de la Têta (1).

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Appi ........................ | 1427 | = | 2780,4. |

Roc Blanc, vallée de l'Aude.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Appi ........................ | 1302 | = | 2536,8. |

Canigou, entre les vallées de la Têta et du Teich.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Appi ........................ | 1430 | = | 2786,2. |

Mosset, entre les vallées de l'Aude et de la Têta.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Par Appi ........................ | 1256 | = | 2408,2. |

Ces derniers résultats confirment d'une manière bien satisfaisante l'ensemble des mesures précédentes dont la série entière repose sur l'évaluation originaire du Canigou, à 1431 toises ; ils ne s'accordent guère moins avec celle du pic Peiric, déterminé par Méchain. Une différence

---

(1) *Pui-prigue* de la carte de l'Observatoire. Dans celle de Roussel, il est appelé *Péripis :* son nom est *Peiris* (pierreux); mais la prononciation le fait dégénérer en péric et pric, dont on a fait prigue. Sa hauteur, d'après la mesure de Méchain, est de 1432 toises.

d'une seule toise pour le Canigou, et de cinq pour le pic Peiric, après une si longue suite d'observations dont les conséquences n'ont pu être qu'approximatives, prouvent suffisamment que les erreurs inséparables de la manière d'opérer se sont du moins compensées, et n'ont pas dépassé certaines limites peu éloignées de la vérité.

C'est au centre même de la chaîne que se trouvent placées les plus hautes masses, celles de la Maladetta et de Posets, qui ne sont séparées que par la coupure de l'Essera.

Depuis vingt-cinq ans, le Mont-Perdu est considéré comme le plus haut sommet des Pyrénées, et je dois confesser que j'ai eu plus de part que personne à ce faux jugement que je me hâtai de prononcer au pic de Midi, avant d'avoir parcouru la chaîne. M. Ramond, qui avait observé de près les montagnes maudites, jugea avec raison que l'un des angles observés au pic de Midi, et dirigé sur une montagne inconnue dans l'alignement du port d'Oo, se rapportait à la Maladetta; il eût déduit de notre observation la hauteur très-approchée de ce point, s'il n'avait évalué la distance à 24000 toises seulement, au lieu de 28600 qu'ont indiqué les mesures graphométriques.

Les observations qu'on vient de lire sont trop multipliées et trop concordantes entr'elles pour laisser aucun doute sur la hauteur respective des principaux sommets. La mesure barométrique de M. Cordier réduirait de plus de 100 toises la hauteur de la Maladetta; mais cette mesure se rapporte au sommet occidental et non à l'oriental, qui, plus éloigné vers le sud-est de 1400 toises et tout entouré de glaces inabordables, est encore pres-

qu'ignore des observateurs (1). La mesure de M. Cordier est d'ailleurs fondée en partie sur une évaluation par le coup-d'œil, moyen qu'on peut rarement employer avec justesse dans ce pays d'illusions.

Je réserve à un autre Mémoire les considérations de géographie physique où m'a conduit l'examen des rapports de hauteur et de situation qu'offrent entr'eux les principaux sommets des Pyrénées.

---

## EXPÉRIENCES

### *Sur le Sulfure de platine, sur ses oxides, et quelques combinaisons de ce métal.*

PAR M. VAUQUELIN.

PLUSIEURS chimistes modernes ont parlé du sulfure de platine, mais c'est plutôt par induction de l'analogie que d'après l'expérience et l'observation ; au moins, aucun,

---

(1) L'été dernier 1816, deux observateurs, l'un français, l'autre anglais, tentèrent en vain d'atteindre la région supérieure de cette montagne ; ils furent arrêtés par la pente des glaciers et la largeur des crevasses. Pour dédommagement de leurs fatigues, un détachement de soldats espagnols fut envoyé à leur rencontre, et les conduisit comme gens suspects à Venasque, où ils obtinrent, non sans de grandes difficultés, la permission de revenir à Bagnères. Les relations de bon voisinage ne sont pas encore rétablies pour les naturalistes.

à ma connaissance, n'a donné ni le procédé pour le former, ni n'a parlé de ses propriétés et de la proportion de ses élémens.

C'est pour remplir cette petite lacune que je me suis livré sur cela à quelques expériences dont je vais rendre compte.

En faisant dernièrement du sulfure de soude dans un creuset de platine, je m'aperçus, en dissolvant ce sulfure dans l'eau, qu'il s'était formé une certaine quantité de matière noire sous forme d'aiguilles brillantes qui ressemblaient assez à de l'oxide de manganèse cristallisé.

Cette substance, grillée à une chaleur rouge dans un creuset de platine, a répandu l'odeur de l'acide sulfureux et a pris l'éclat métallique du platine; elle a perdu près de 16 pour 100. Pour pouvoir soumettre ce sulfure à un plus grand nombre d'expériences, j'ai essayé d'en préparer par le procédé suivant.

Expérience I.re 10 grammes de muriate ammoniaco de platine bien pur, qui contenait entre 42 et 43 centièmes de métal, après avoir été mêlés avec 10 grammes de soufre et 10 de sous-carbonate de soude bien sec, ont été fondus dans un creuset de platine; la matière, lavée avec de l'eau bouillante, a fourni une poudre noire en aiguilles brillantes comme de l'oxide de manganèse : cette matière, exactement lavée et séchée, pesait 5 grammes 35 centièmes.

Si le sel de platine n'avait fourni que les 42 centièmes de son poids de métal, il serait évident que ce sulfure contiendrait 21 et demi de soufre pour 100; mais le sulfure calciné n'ayant perdu que 16 et demi (centièmes) de

son poids, il faut que le creuset de platine ait été attaqué, et ait lui-même fourni une portion de sulfure que nous avons compté comme du soufre combiné à du platine fourni par le sel. Indépendamment de cet excès de sulfure, la solution hydrosulfureuse de soude contenait encore une portion de platine qui lui donnait une couleur rouge très-intense, même après que le soufre en fut précipité par l'acide acétique.

Expérience 2me. 10 grammes de muriate ammoniaco de platine et 20 grammes de soufre, mêlés et chauffés au rouge dans un creuset de terre exactement fermé, donnent aussi un sulfure de platine parfait, lequel perdait 15 et demi pour 100 par la calcination à l'air libre.

La présence de l'alcali n'est donc pas nécessaire pour déterminer la combinaison du platine avec le soufre.

Expérience 3me. Une partie de platine en mousse très-divisée et deux de soufre, chauffées dans un vaisseau fermé, se sont unies intimement, et le sulfure qui en est résulté avait une couleur noire très-intense; mais n'était pas cristallisé et brillant comme les autres sulfures faits par les procédés indiqués plus haut, parce qu'il n'avait pas été fondu comme eux.

Il n'a perdu que 15 pour 100 par la calcination; il paraît, d'après ces expériences, que le sulfure de platine contient entre 15 et 16 et demi de soufre pour 100, et, en prenant 16, je pense qu'on ne serait pas éloigné de la vérité.

Expérience 4me. Le sulfure de platine, chauffé fortement en vaisseaux clos, n'éprouve d'autre changement

qu'une sorte de fusion; les acides simples ne l'attaquent pas.

Expérience 5me. Pour savoir si le platine prendrait une plus grande quantité de soufre par la voie humide qu'à sec, j'ai fait l'expérience suivante.

Dans une dissolution de platine contenant le moins d'acide possible en excès, on a fait passer un courant de gaz hydrogène sulfuré jusqu'à ce qu'il y en eût surabondance; alors on a laissé déposer le sulfure, et après avoir décanté la liqueur surnageante, on a mis de l'eau bouillante sur la matière, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'elle ait été parfaitement lavée; ce sulfure, d'un beau noir, parfaitement séché, a perdu 23 pour 100 par la calcination.

Il paraîtrait donc qu'il y aurait deux sulfures de platine, dont l'un contient une fois et demie autant de soufre que l'autre.

Expérience 6me. Mais ce prétendu sulfure, desséché à une chaleur qui certainement ne lui aurait pas permis de retenir de l'humidité, a fourni à la distillation, dans un tube de verre étroit et qui ne contenait qu'un très-petit volume d'air, une quantité d'eau et d'acide sulfureux assez considérable. Après avoir subi cette opération, ce sulfure ressemblait par sa couleur à celui qu'on obtient par la voie sèche, et il a perdu 14 pour 100 par la calcination à l'air.

Ce n'est donc pas un simple sulfure qui se forme lorsqu'on précipite une dissolution de platine par l'hydrogène sulfuré, mais un composé d'oxide de platine hydrosulfuré.

*Expériences sur le Muriate et sur l'Oxide de platine.*

Expérience 1re. Si l'on chauffe le muriate de platine ordinaire à une chaleur capable de vaporiser une portion de son acide, celui-ci se dégage à l'état de chlore, le sel prend une couleur brune fauve, perd sa saveur, sa solubilité, et fournit par sa décomposition, à une chaleur rouge, 72 ½ de métal pour 100. Ce sel n'étant pas soluble dans l'eau, on peut le laver abondamment pour en séparer le muriate ordinaire qu'il pourrait encore contenir.

Expérience 2me. Ce sel, soumis à la distillation dans un vaisseau fermé, a fourni un gaz jaune verdâtre, entièrement soluble dans l'eau et qui était du chlore; il s'est sublimé dans le col de la cornue une petite quantité de sel jaune rougeâtre, dont je n'ai pas pu apprécier le poids; il est resté dans la cornue 70 centièmes de platine.

Expérience 3me. Cent parties de ce sous-sel, traité avec l'acide muriatique concentré, se sont dissoutes, moins dix parties de platine métallique qui sont restées au fond de la dissolution. Ce métal existait sans doute isolé dans le sel, et n'est point l'effet de l'action de l'acide.

Expérience 4me. La solution muriatique dont on vient de parler, évaporée à siccité avec la plus grande précaution pour éviter la décomposition, a fourni un résidu brun qui ne s'est presque point redissous dans l'eau, et qui présentait toutes les propriétés du sous-sel avant qu'il n'eût été dissous.

Il paraîtrait, d'après cela, que le changement que le sel a éprouvé par la chaleur ne s'est pas borné à l'évaporation

d'une portion de son acide, mais que l'oxide a lui-même éprouvé une altération; au surplus, c'est une chose qui sera discutée plus bas.

La petite portion de ce sel qui se redissout dans l'eau précipite en noir par la potasse et la soude; mêlée avec le muriate d'ammoniaque, elle ne donne qu'une très-petite quantité de muriate ammoniaco de platine; mais, par l'évaporation, cette dissolution forme des cristaux en prismes carrés, d'une couleur rouge purpurine, beaucoup plus solubles que le sel ammoniaco de platine ordinaire. Ces cristaux, dissous dans l'eau, ne précipitent point à froid par la soude, comme la liqueur où ils se sont formés; mais si l'on fait bouillir le mélange, l'ammoniaque se dégage, et il se forme un précipité noir. Au bout d'un certain temps, ce sel brunit, devient opaque, et ses cristaux finissent par se couvrir d'une lame métallique très-brillante. Rien de semblable n'arrivant au muriate ammoniaco ordinaire, il faut que celui-ci en diffère sous quelque rapport qui nous est inconnu. Le sous-muriate de platine n'est pas soluble dans l'acide nitrique : à peine celui-ci se colore-t-il après une longue ébullition.

Expérience 5me. Le muriate de platine ordinaire, desséché autant qu'il est possible, sans lui faire subir de décomposition, a fourni, à une chaleur rouge, 47 centièmes de platine métallique; mais il contenait sans doute encore de l'acide libre et de l'humidité; de manière qu'il est difficile de tirer de cette expérience quelque chose d'exact sur le rapport de composition de ce sel avec celui dont nous avons parlé plus haut.

Expérience 6me. 10 grammes de sous-muriate de platine et 10 de soude caustique, délayés dans une suffisante quantité d'eau et soumis à l'ébullition, se sont changés en une matière noire, laquelle, lavée et séchée, pesait 7,9 grammes.

Cette matière exige un lavage à grande eau pour être débarrassée d'alcali; encore est-il douteux que cela puisse avoir lieu complètement.

Expérience 7me. Cent parties de cette matière noire, soumises au feu dans une cornue, ont dégagé de l'oxigène et ont perdu 12 pour 100; mais le platine obtenu par cette opération étant alcalin, je l'ai lavé à l'eau chaude, séché de nouveau; il avait perdu 8 centièmes; son poids fut réduit à 80 centièmes.

Le sous-sel qui nous a fourni cet oxide contenant naturellement 10 centièmes de platine métallique isolé et 8 parties d'alcali légèrement muriaté, c'est comme si nous avions opéré sur 82 d'oxide de platine pur. Or, si 82 nous ont donné 12 d'oxigène, il est évident que 100 en auraient fourni 14, 63 centièmes.

Expérience 8me. Si l'on traite 100 parties de l'oxide de platine dont nous venons de parler par l'acide muriatique, il y a dissolution; mais il reste une quantité de platine qui s'élève à 20 centièmes, ce qui réduit la quantité de l'oxide à 72, puisque, dans son état naturel, ainsi que nous l'avons vu plus haut, il n'en contenait que 82, et qu'il s'est encore séparé 10 parties de métal pendant sa dissolution. Ainsi, les 72 parties d'oxide dissous dans l'acide muriatique contiennent les 12 d'oxigène qui étaient auparavant dans les 82; par conséquent, 100 par-

ties de cet oxide contiendraient 16 $\frac{2}{3}$ d'oxigène, tandis que le premier n'en contient que 14,63. Mais l'on ne voit aucun rapport entre ces deux oxides, et les deux sulfures de platine dont nous avons parlé, si toutefois l'on peut regarder comme un sulfure celui qu'on obtient par l'acide hydrosulfurique.

Ce qu'il y a de certain, c'est que l'oxide que nous avons obtenu du sous-muriate de platine par le moyen de la soude contient environ 15 pour 100 d'oxigène; résultat que M. Berzelius avait déjà obtenu par un procédé différent, que j'ai répété de la manière suivante.

EXPÉRIENCE 9me. Dans une certaine quantité de dissolution de muriate de platine ordinaire, on a mis 30 grammes de mercure, on a fait chauffer le mélange en l'agitant continuellement, jusqu'à ce que tout le platine ait été précipité; ce qui est aisé à reconnaître à la décoloration de la liqueur; alors on a lavé la masse à l'eau bouillante, et on l'a fait sécher parfaitement : elle pesait 19 grammes $\frac{4}{10}$.

EXPÉRIENCE 10me. Ces 19,4 grammes de matière, soumis à l'action d'une chaleur rouge dans une cornue, ont fourni 8 grammes $\frac{4}{10}$ de mercure métallique, contenant quelques traces de sous-chlorure de mercure, et il restait dans la cornue 10 grammes 34 centièmes de platine très-pur.

21 grammes 66 centièmes de mercure ont donc été employés pour précipiter 10 grammes 34 centièmes de platine; il faut donc deux fois autant de mercure que de platine pour saturer l'acide muriatique, si l'on suppose avec M. Berzelius que le mercure est oxidé dans le sublimé corrosif : l'on en pourra conclure que le platine, dans son muriate ordinaire, contient deux fois autant

d'oxigène que le mercure, c'est-à-dire, entre 15 et 16 pour 100 exactement autant que de soufre ; mais cette expérience ne prouve pas du tout qu'il y ait de l'oxigène dans le muriate de platine.

En comparant les quantités de soufre et d'oxigène que peut prendre le platine, l'on trouve qu'elles ne sont pas dans un rapport semblable à celui qui existe entre ces deux corps et les autres métaux; car il paraît que, dans les sulfates solubles, la quantité de soufre est double de celle de l'oxigène contenu dans la base métallique : cela annonce qu'il peut y avoir un sulfure de platine où le soufre serait double ou sous-double de l'oxigène; mais nous n'avons pu obtenir cette espèce de sulfure.

On a remarqué plus haut que la quantité de mercure nécessaire pour précipiter le platine est un peu plus que double de ce dernier, et néanmoins celui qui restait comme surabondant contenait une petite quantité de sous-chlorure de mercure. Pour connaître la quantité de ce sel, on l'a traité avec une solution de potasse, et après avoir saturé la liqueur par l'acide nitrique, on y a mêlé de la solution d'argent qui y a formé un précipité dont le poids représentait environ 5 centigrammes d'acide. Ainsi, il y a eu pour précipiter le platine un peu plus de mercure employé que nous ne l'avons indiqué plus haut.

Expérience 11me. Si l'on mêle une dissolution de muriate de platine aussi neutre qu'il est possible, avec une dissolution de nitrate d'argent, de manière qu'il y ait un léger excès de ce dernier, il se forme un précipité jaune fort abondant, et la liqueur perd entièrement sa couleur. Il semble que, dans cette expérience, les sels d'argent et

de platine se soient mutuellement rendus insolubles : cependant, quoique la liqueur soit incolore, elle dépose, par l'évaporation, une petite quantité de matière semblable à celle qui se forme au moment du mélange. L'acide nitrique qui reste dans la liqueur ne retient pas de platine.

EXPÉRIENCE 12$^{me}$. Soupçonnant que, dans le précipité, formé par les dissolutions mêlées de platine et d'argent, le platine avait passé à l'état de sous-muriate, en prêtant une partie de son acide à l'argent, et que par-là il était devenu insoluble parce que l'acide nitrique n'exerce aucune action sur ce sel, ni même sur l'oxide de platine sec, j'ai fait bouillir une certaine quantité de ce précipité avec une dissolution de soude; d'abord il ne m'a pas paru y avoir d'action; mais, par une ébullition prolongée, la matière a pris une couleur noire intense : cependant, quand on traite isolément le sous-muriate d'argent et de platine avec la soude caustique, ils noircissent sur-le-champ, et le dernier de ces sels est entièrement décomposé; ce qui semble annoncer qu'il existe entr'eux une combinaison qui résiste pendant quelque temps à l'action de l'alcali, ou que le platine ne se trouve pas au même état que dans le sous-sel, dont nous avons parlé plus haut; car la couleur noire qui se manifeste dans cette opération ne prouve pas la décomposition du sel de platine, le chlorure d'argent prenant cette même couleur lorsqu'il est traité avec les alcalis caustiques.

EXPÉRIENCE 13$^{me}$. *Décomposition par la chaleur du précipité obtenu expérience* 11$^{e}$. On a distillé, dans une cornue de verre lutée, une certaine quantité de la matière

que je soupçonnais être un mélange ou une combinaison de chlorure d'argent et de sous-muriate de platine ; il s'est développé en effet, dans cette opération, une grande quantité de chlore reconnaissable à son odeur, et à sa propriété de décolorer le papier de *tournesol*, et de précipiter le nitrate d'argent; il est resté dans la cornue une matière fondue, de couleur jaunâtre, au fond de laquelle était du platine métallique très-brillant. Il n'est pas douteux, d'après ce résultat, que le précipité dont il s'agit contienne le platine à l'état de sous-muriate ; car le chlorure d'argent ne fournit point de chlore par la chaleur.

Expérience 14me. *Traitement du précipité mixte de platine et d'argent par l'acide muriatique concentré.* Si, comme nous venons de l'énoncer dans l'expérience précédente, ce précipité contient véritablement le platine à l'état de sous-muriate, ce dernier devait se dissoudre dans l'acide muriatique aidé de la chaleur; c'est aussi ce qui est arrivé; le muriate d'argent s'est décoloré, et l'acide a pris une teinte jaune rougeâtre, cependant moins rouge que celle résultant de la dissolution directe du sous-muriate de platine dans le même acide; elle se rapprochait davantage de la solution de muriate de platine ordinaire: en effet, cette dissolution n'a point déposé de sous-sel par l'évaporation, quoique réduite sous forme sirupeuse; elle se convertit entièrement en sel jaune par le sel ammoniaque, sans mélange de sel rouge, de manière qu'on doit regarder cette dissolution comme du muriate de platine ordinaire, et admettre une différence entre le sous-sel précipité par la dissolution d'argent, et

celui qu'on obtient directement par l'action de la chaleur, comme on l'a dit plus haut.

Expérience 15$^{me}$. Lorsque l'on traite le sous-muriate de platine par la soude caustique, l'on trouve que la totalité du métal n'est pas précipitée; une portion reste en dissolution dans la liqueur, d'où l'on peut le séparer en saturant l'alcali par l'acide nitrique : cette dissolution alcaline est incolore.

L'oxide se présente sous une couleur blanche et avec un grand volume; il prend une teinte grise, bleuâtre en séchant au soleil, et une couleur noire foncée quand on le sèche à la chaleur.

Soumis à l'action de la chaleur après avoir été séché, il donne du gaz oxigène, perd 15 pour 100 de son poids, et se réduit en platine métallique.

Avant d'être desséché, il se dissout dans l'acide nitrique sans le colorer sensiblement; mais, quand il a perdu son humidité et qu'il est devenu noir, il ne se dissout plus.

J'ai remarqué que la quantité d'oxide de platine qui reste en dissolution dans la liqueur croît comme celle de l'alcali; car, dans une expérience où je n'ai employé que 6 grammes de soude pour décomposer 10 grammes de sous-muriate de platine, j'ai trouvé qu'il y avait beaucoup moins d'oxide de platine dissous : il paraît, d'après cela, que c'est l'excès d'alcali qui opère cette dissolution, et que, si l'on n'employait exactement que ce qu'il faut d'alcali pour saturer l'acide, tout le platine serait précipité : d'ailleurs l'oxide de platine hydraté se dissout directement dans la soude.

Il y a donc évidemment un oxide de platine hydraté, ainsi que l'avait déjà reconnu M. Berzelius.

L'on a vu plus haut que le muriate de platine qui a perdu une portion de son acide, telle qu'il en est devenu insoluble, est décomposé par la soude, la potasse, et sans doute par les autres alcalis, et qu'il fournit un oxide noir contenant environ 16 pour 100 d'oxigène.

Si l'on voulait obtenir de même de l'oxide de platine du muriate ordinaire le plus neutre possible, c'est-à-dire, ne contenant point d'acide inutile, on n'y parviendrait pas; les alcalis caustiques, même en excès, ne formant, dans la solution de platine dont nous venons de parler, aucun précipité insoluble, seulement sa couleur devient plus foncée, et il se forme des combinaisons triples.

Mais pourquoi une combinaison analogue ne se forme-t-elle pas avec le muriate insoluble traité par la soude? Est-ce que, dans ce dernier, le platine serait, comme l'a annoncé M. Berzelius, à un état d'oxigénation inférieur? Mais, en admettant cette supposition, elle ne suffirait pas pour l'explication des phénomènes observés.

Les deux chlorures de mercure que l'on peut raisonnablement supposer avoir entr'eux la même différence que les deux muriates de platine sont également décomposés par les alcalis; mais examinons cette question avec plus de détail.

D'abord, l'oxide de platine que l'on obtient du sous-muriate au moyen de la soude contient entre 15 et 16 d'oxigène pour 100; et, lorsqu'on décompose le muriate ordinaire de platine par le mercure, l'on trouve que le platine qui y est contenu renferme également entre 15

et 16 d'oxigène, en supposant que le mercure soit oxidé dans le sublimé corrosif. Ceci annoncerait donc que le platine serait au même état dans le sous-muriate et dans le muriate, et que ce dernier, en se convertissant en l'autre, n'aurait perdu que de l'acide; s'il en était ainsi, il faudrait admettre que ces sels seraient des chlorures; ce qui paraît douteux.

Mais, d'un autre côté, lorsqu'on dissout séparément dans l'acide muriatique de l'oxide de platine et du sous-muriate de ce métal, l'on obtient deux combinaisons très-différentes; la première a une couleur jaune comme celle du muriate ordinaire; elle peut être évaporée à siccité, sans éprouver de décomposition; donne avec le sel ammoniac un sel jaune peu soluble: la dissolution du sous-sel, au contraire, est d'un rouge pourpre, dépose en s'évaporant presque tout son sel, qui est le même qu'avant la dissolution; mêlée avec le sel ammoniac, cette dissolution ne donne qu'une très-petite quantité de sel triple jaune; mais, par l'évaporation, l'on en obtient des cristaux en prismes carrés, d'une belle couleur rouge pourpre; enfin elle est précipitée en oxide noir par la potasse, tandis que la dissolution de l'oxide est précipitée en sel triple par le même alcali. Il arrive quelquefois que l'oxide de platine contenant quelques parties de sous-muriate échappée à la décomposition, sa dissolution donne des traces d'oxide noir par l'alçali, et de sel rouge par le muriate d'ammoniaque; mais la cause en est évidente.

Si, en troisième lieu, l'on fait attention que le sous-muriate de platine formé par le mélange du nitrate d'argent et du muriate ordinaire de platine, donne en se dissolvant dans l'acide muriatique un sel absolument sem-

blable au muriate de platine ordinaire, l'on peut conclure qu'en se précipitant, ce sel n'a perdu que de l'acide, puisqu'en lui rendant cet acide, il reparaît tel qu'il était auparavant; ce qui n'a pas lieu pour le sous-muriate fait par la chaleur.

Ainsi, par des expériences, nous avons trouvé la même quantité d'oxigène dans l'oxide de platine provenant du sous-muriate, que dans celui du muriate ordinaire; et par d'autres, nous trouvons deux sous-muriates, dont l'un redevient muriate ordinaire par l'addition d'acide, et l'autre donne naissance à une combinaison nouvelle par la même addition d'acide. Les résultats de ces expériences paraissant diamétralement opposés, je ne puis prendre aucune conclusion satisfaisante sur la différence d'état où se trouve le platine dans les deux muriates.

Cependant, s'il était permis de hasarder quelques conjectures à ce sujet, je dirais, d'après les considérations suivantes, qu'il est vraisemblable que les muriates de platine sont des combinaisons d'oxide de ce métal avec l'acide hydrochlorique.

En effet, lorsqu'on chauffe ces muriates, il s'en dégage du chlore, et nous ne connaissons aucun chlorure véritable qui se décompose au feu; en décomposant ce sous-muriate bien sec dans un appareil où le chlore puisse être refroidi à mesure qu'il se développe, il dépose de l'humidité en quantité sensible; ce qui n'arriverait pas si ce sel n'était qu'un chlorure. De là il suit qu'il y aurait deux muriates contenant le même oxide, mais des quantités différentes d'acide, et deux sous-muriates, dans lesquels le platine est différemment oxigéné. Enfin, que le mercure ne serait pas un moyen certain pour connaître la

quantité d'oxigène de l'oxide de platine contenu dans le muriate ordinaire ; car je crois ne m'être pas trompé dans l'analyse de l'oxide provenant du sous-muriate, l'ayant répétée un grand nombre de fois : l'oxide de platine contenu dans le muriate ordinaire doit donc contenir plus de 15 pour 100 d'oxigène.

---

# OBSERVATIONS

## *Sur le Mémoire de M.* SERTUERNER, *relatif à l'analyse de l'Opium.*

PAR M. ROBIQUET.

LA plupart des substances végétales ont une si grande complication dans leur composition, les caractères de leurs principes immédiats sont si peu tranchés, et ces principes ont eux-mêmes une telle tendance à se combiner ou à se mélanger entr'eux, qu'il est extrêmement difficile de les isoler et de faire ces sortes d'analyses d'une manière exacte. Aussi voit-on le plus ordinairement qu'à chaque nouvel examen qu'on fait d'une même matière végétale, on obtient des résultats qui avaient échappés aux chimistes qui s'en étaient occupés primitivement. C'est ce qu'on a eu plus particulièrement occasion d'observer pour ceux de ces produits qui, par leur grande utilité, ont toujours excité un intérêt plus vif ; ainsi, le quinquina, l'ipécacuanha et beaucoup d'autres substances analogues ont été examinés par plusieurs chimistes, et cependant chacun d'eux a pu ajouter aux travaux de ses prédécesseurs des observations et des faits plus ou moins intéressans. L'opium est peut-être de

toutes ces substances, celle qui a été soumise à un plus grand nombre d'expériences. Les médecins, les physiologistes et les chimistes l'ont étudié sous différens rapports; néanmoins ce précieux médicament, qu'on regardait comme parfaitement connu et dans sa nature et dans ses effets, vient d'être l'objet d'une découverte extrêmement importante, et qui offrira à tous un nouveau point de vue d'étude : on se rappelle qu'en 1804 M. Dérosne publia un fort beau travail sur l'opium du commerce, et qu'il nous fit mieux connaître une matière cristalline sur laquelle on avait beaucoup varié, et qui jusqu'alors avait été à peine indiquée. Cette substance fut signalée par M. Dérosne, comme étant la partie active de l'opium; il donne, dans son Mémoire, les différens moyens de l'extraire, et il fait remarquer qu'on peut en obtenir, par l'addition des alcalis, dans les dissolutions aqueuses d'opium; mais il observe en même temps qu'elle subit alors une modification résultante de sa combinaison avec une petite portion de l'alcali employé à sa précipitation. « C'est par ce motif, dit-il, que cette substance cristalline, séparée par ce procédé, conserve toujours la propriété de verdir le sirop de violette, et qu'elle acquière quelques caractères nouveaux. » M. Sertuerner, pharmacien à Eimbeck, s'occupait, à ce qu'il paraît, à-peu-près dans le même temps, d'un travail analogue, et il publia ses expériences; mais la singularité des résultats qu'il annonçait, la manière dont il les présentait, et son jeune âge, inspirèrent peu de confiance. Ses compatriotes, selon lui, ne donnèrent quelqu'attention à son travail que pour en faire la critique. En France, on n'en eût aucune connaissance. Depuis peu, M. Sertuerner, persuadé lui seul de

l'exactitude de ses premières observations, a recommencé sur nouveaux frais et il vient de publier sur le même sujet un deuxième Mémoire dont on trouve sa traduction dans le 5e volume des *Annales de Physique et de Chimie* : « Selon cet auteur, le procédé et les observations de » M. Dérosne, dans l'analyse de l'opium, ne sont pas » exacts, et il n'en n'a pas connu la partie essentiellement » efficace ; car il a pris pour cette substance nommée » *morphine*, ce qui n'en était qu'une combinaison avec » l'acide de l'opium. »

Voici comment M. Sertuerner prétend démontrer son opinion ; il ajoute dans une dissolution aqueuse d'opium qui, comme on le sait, est toujours acide, une certaine quantité d'ammoniaque, et de manière qu'il y en ait un léger excès ; il se produit aussitôt un précipité floconneux, très-abondant, qui par la chaleur se réunit en petits cristaux grenus et translucides ; ces cristaux, recueillis sur un filtre et bien lavés, se composent, d'après l'auteur, de *morphine*, d'un peu d'*extractif* et de l'*acide* de l'opium qu'il appelle *méconique*. Pour débarrasser la morphine des autres substances, il traite ces cristaux par de l'acide sulfurique faible, et précipite de nouveau par l'ammoniaque. Des lotions réitérées avec l'alcool froid suffisent ensuite pour enlever à la morphine un restant de matière colorante.

M. Sertuerner ayant remarqué, comme M. Dérosne, que cette substance, quelque purifiée qu'elle pût être, jouissait constamment de la propriété de rétablir le tournesol rougi, a eu l'ingénieuse idée de la considérer, contre toute analogie, comme une substance alcaline, et non pas comme une combinaison de la matière cristalli-

sable de Dérosne avec l'ammoniaque. Il a vu en effet qu'elle se combinait parfaitement avec les acides, et qu'elle les saturait complètement. Cette idée est d'autant plus heureuse, qu'elle conduira nécessairement, ainsi que l'a observé M. Gay-Lussac, à acquérir des notions plus exactes sur les poisons végétaux et animaux, et que, de plus, c'est un fait chimique extrêmement curieux que de voir une nouvelle base alcaline d'une nature si compliquée. C'est donc une découverte bien faite pour honorer son auteur, mais qui méritait, à dire vrai, d'être mieux soutenue, et qui fait regretter qu'elle ait été, pour M. Sertuerner, l'occasion de quelques erreurs assez graves, ainsi que je vais le faire voir.

La morphine étant alcaline, les dissolutions d'opium étant toujours acides, il était tout naturel de conclure que cette subsance y existait à l'état de sel, et qu'on en opérait la décomposition par un alcali plus énergique; mais M. Sertuerner est allé plus loin; il a avancé que ce que M. Dérosne avait pris pour une substance particulière n'était autre chose qu'une combinaison de la morphine avec l'acide de l'opium, c'est-à-dire, un *méconate de morphine*. Malheureusement M. Sertuerner n'en donne aucune preuve directe, et on voit qu'il s'est plus fondé sur les probabilités que sur les expériences; ainsi il devenait indispensable de faire de nouveaux essais pour savoir à quoi s'en tenir sur un fait aussi intéressant.

M. Gay-Lussac, qui m'honore d'une bienveillance particulièrere, m'a engagé, aussitôt qu'il a eu connaissance de ce travail, à entreprendre de nouvelles recherches que ses occupations actuelles ne lui permettaient pas de suivre.

Je conservais quelques doutes sur l'existence de la morphine comme alcali, je voulus d'abord m'assurer de sa nature, et m'étant aperçu qu'elle donnait quelques traces d'ammoniaque en la traitant à chaud par une solution concentrée de potasse caustique, je cherchai à l'obtenir, indépendamment de toute base énergique : je choisis de préférence la magnésie, qui m'a parfaitement réussi; par son intermède, on obtient la morphine presqu'incolore dès la première cristallisation : voici comment je procède.

On fait bouillir une dissolution concentrée d'opium avec une petite quantité de magnésie ordinaire; 10gr. par livre d'opium suffisent : on soutient l'ébullition pendant un quart-d'heure; il se forme un dépôt grisâtre assez considérable; on filtre, on lave à l'eau froide et on traite le précipité séché par de l'alcool faible, qu'on laisse macérer à chaud sans porter à l'ébullition; on enlève ainsi très-peu de morphine et beaucoup de matière colorante; on filtre et on lave avec un peu d'alcool froid; le dépôt est ensuite repris par une plus grande quantité d'alcool rectifié, et on pousse jusqu'à l'ébullition bien soutenue; on filtre la liqueur encore bouillante, et par le refroidissement on a la morphine très-bien cristallisée et fort peu colorée; on réitère jusqu'à trois à quatre fois la même opération sur la portion non encore attaquée du dépôt, et la morphine que l'on obtient à chaque filtration est de plus en plus incolore.

Cette morphine ne retient aucune portion de magnésie; elle brûle sans résidu, et cependant elle m'a parue plus alcaline que celle obtenue par l'ammoniaque; au moins elle rétablit plus nettement la couleur du tournesol rou-

gi : 2,gr5 ont été saturés par 0,45 d'acide sulfurique à 66° ; j'y ai reconnu d'ailleurs toutes ses propriétés indiquées et décrites dans le Mémoire que je viens de citer.

Il ne me restait plus qu'à m'occuper de l'acide méconique, et c'était là où il y avait le plus à faire. M. Sertuerner ayant eu le malheur de briser son appareil, il n'a pu, pour ainsi dire, qu'en indiquer l'existence. Ce pharmacien prescrit, pour séparer cet acide de l'opium, de verser du muriate de baryte dans la dissolution d'où on a isolé la morphine par l'ammoniaque ; il obtient ainsi ce qu'il nomme le *précipité quadruple*, composé d'acide méconique, de baryte, de morphine et d'extractif. Après avoir séparé la majeure partie de l'extractif par l'alcool, il traite ce précipité par l'acide sulfurique, pour décomposer le méconate de morphine ; mais cet acide est bien loin d'être pur, il retient encore beaucoup de matière colorante ou extractive et une certaine quantité de morphine, d'où on ne peut le débarrasser que par la sublimation. J'ai répété fort exactement ce procédé, et j'en ai obtenu une si petite quantité, que je n'ai plus été surpris que M. Sertuerner ait été aussi réservé dans l'étude de son acide.

D'après l'assertion du même auteur, le sel de Dérosne est un *méconate neutre de morphine*, et il fait voir qu'il doit être très-facile de le décomposer, puisqu'étant dissous dans les teintures aqueuses d'opium, il suffit de l'addition de quelques gouttes d'ammoniaque pour en séparer la base. Comment se fait-il donc que M. Sertuerner n'ait pas cherché à se servir de cette combinaison qu'on obtient assez facilement et très-pure, pour en isoler l'acide méconique ? J'ai cru d'abord que cela tenait seulement à ce qu'il n'avait pas pu s'en procurer une assez grande

quantité ; et comme M. Dérosne à bien voulu m'en remettre plusieurs échantillons qu'il avait préparés lui-même, j'ai essayé d'en extraire l'acide et la base.

Je me suis d'abord assuré que cette substance ne possédait pas, la seule propriété reconnue par M. Sertuerner dans l'acide méconique, celle de rougir et de précipiter les dissolutions de fer. J'en fis bouillir une certaine quantité dans une dissolution de potasse caustique concentrée : cette potasse, saturée ensuite par l'acide nitrique, n'a précipité par aucun réactif, et les dissolutions de fer n'y ont pas déterminé les plus légères teintes de rouge. Je fis dissoudre à-peu-près quantité égale de sel de Dérosne, et de muriate de baryte dans de l'alcool ; je fis bouillir longtemps, et je n'ai pas obtenu la moindre décomposition ; le sel se précipitait à mesure que l'alcool s'évaporait, mais sans aucune altération. Pour tâcher de replacer cette substance dans les mêmes circonstances où elle doit se trouver dans ses dissolutions d'opium, j'en fis dissoudre 2 grammes dans de l'acide acétique faible. Je précipitai par l'ammoniaque en excès, et je fis bouillir. La liqueur étant filtrée, j'évaporai avec le plus grand ménagement. A quelqu'époque de la concentration que je l'aie essayée, elle n'a manifesté aucune trace d'acide étranger, et par les progrès de l'évaporation, tout a fini par se dissiper, comme l'eût fait de l'acétate d'ammoniaque pur. D'un autre côté, le précipité bien lavé avait à peine perdu 0,2 du poids primitif du sel ; et ce qu'il y a de plus étonnant, c'est qu'il avait conservé toutes ses propriétés ; il n'avait aucune influence sur la couleur du tournesol rougi, et sa dissolution alcoolique précipitait par l'eau. La même expérience, répétée avec l'acide sulfurique, a donné des

résultats semblables, et j'avais eu de plus la précaution de la faire dans un petit appareil disposé de manière à recueillir le gaz s'il s'en était dégagé.

Je pourrais rapporter une infinité d'autres expériences entreprises dans le même but et sans plus de succès ; j'en ai fait un grand nombre, parce que, trop confiant dans ce qu'avait annoncé M. Sertuerner, je voulais obtenir cet acide, et j'y mettais de l'obstination : forcé cependant d'y renoncer, je voulus du moins opérer cette combinaison de toutes pièces et la comparer ensuite au sel de Dérosne ; pour y parvenir, il fallait nécessairement trouver un moyen d'extraire cet acide de l'opium en plus grande quantité que ne l'avait fait M. Sertuerner. Je pensai que, comme j'employais un excès de magnésie pour séparer la morphine, l'acide devait aussi se fixer sur la magnésie et former une combinaison insoluble en raison même de cet excès de base. En conséquence, après avoir épuisé ce dépôt magnésien par l'alcool pour en séparer toute la morphine, je traitai le résidu par l'acide sulfurique très-affaibli. La dissolution s'en fit presqu'en totalité ; elle était de couleur brune et rougissait fortement les dissolutions de fer. Pour me débarrasser de la magnésie, j'ajoutai à cette liqueur acide du muriate de baryte, et j'obtins un précipité légèrement rosé, formé de méconate et de sulfate de baryte ; je le décomposai par l'acide sulfurique faible ; je laissai long-temps en macération à chaud, parce que ce méconate est difficile à décomposer en raison d'une substance étrangère qui le masque, et dont on ne peut séparer l'acide méconique que par la sublimation. Il est à remarquer que l'acide méconique est très-peu soluble tant qu'il est accompagné de cette substance ; aussi faut-il

ajouter beaucoup d'eau pour l'enlever une fois que le méconate de baryte est décomposé; on fait ensuite évaporer la liqueur quand elle est suffisamment concentrée; l'acide cristallise même à chaud et prend la forme de petites ramifications ou de houpes rayonnées; il est alors d'un jaune rougeâtre. Pour l'obtenir pur, il faut le laver dans une petite quantité d'eau froide, le bien sécher, et le sublimer à une douce chaleur long-temps continuée; il est surtout essentiel de ménager bien le feu dans le commencement, parce qu'il se dégage beaucoup d'humidité qui entraîne une partie de l'acide, si la chaleur est assez forte pour le volatiliser. Cette humidité, une fois dissipée, on peut élever la température; mais avoir soin de ne pas aller jusqu'au point de brûler la substance qui altère l'acide méconique. Sans cette précaution, l'huile empyreumatique qui se développe dans ce cas le salit et se combine avec lui: étant ainsi purifié, cet acide est blanc; il affecte différentes formes; il est ou en longues aiguilles ou en lames carrées, quelquefois aussi en ramifications formées par des octaèdres très-allongés. Il se fond à la température de 120 à 125 degrés centigrades; aussitôt qu'il est liquéfié, il commence à se sublimer sans aucune décomposition, pourvu qu'on ménage assez la chaleur, et comme il est très-fusible, les cristaux qui se forment d'abord à la voûte supérieure du vase se réunissent pour ne former qu'une seule masse, comme cela arrive pour le camphre.

Cet acide est extrêmement soluble dans l'alcool et dans l'eau; il rougit le tournesol; il n'a d'influence bien marquée que sur les dissolutions de fer, et principalement quand elles sont au *maximum* d'oxidation; alors il se produit une couleur rouge des plus intenses; mais il n'y

a pas de précipitation, ainsi que l'a annoncé M. Sertuerner. Le sulfate de cuivre change de couleur par l'addition de l'acide méconique, et il prend une très-belle teinte de vert émeraude. Il n'y a pas, dans cette circonstance, de précipité d'abord; mais il s'y forme à la longue un dépôt pulvérulent d'un jaune pâle : la dissolution de sublimé corrosif se trouble aussi à la longue par l'acide méconique. Enfin, cet acide forme des sels plus ou moins solubles avec la potasse, la soude et la chaux. La baryte elle-même et ses combinaisons ne donnent point de précipité par le même acide; ce qui explique pourquoi M. Sertuerner en obtint si peu par son procédé; et si je parviens à l'obtenir en plus grande quantité en employant aussi le muriate de baryte, cela tient à une circonstance particulière, et dont j'ai déjà fait mention. La magnésie qu'on fait bouillir avec la dissolution entraîne, outre la morphine et l'acide méconique, une substance qui leur est tout-à-fait étrangère, et qui décide la précipitation de l'acide avec la baryte; mais cette précipitation n'est jamais complète; il reste toujours de l'acide méconique dans la liqueur parce que le méconate de baryte est réellement soluble. (J'aurai probablement occasion de revenir sur cette substance.) Mais j'ai négligé pour le moment de l'examiner particulièrement; afin d'arriver plus promptement au but que je m'étais proposé : ce qui m'intéressait le plus, était de connaître la combinaison de l'acide méconique avec la morphine, et de la comparer avec le sel de Dérosne; je l'ai faite avec des substances très-pures, et je n'ai reconnu aucune analogie entre ces deux corps; le méconate de morphine est extrêmement soluble et dans l'eau et dans l'alcool; il ne cristallise pas, et ce que l'on doit

surtout remarquer, c'est qu'il conserve toujours la propriété caractéristique de l'acide, de colorer fortement les dissolutions de fer; de plus, il est décomposé par les alcalis, et la morphine s'en sépare peu à peu sous forme de petits cristaux grenus plus ou moins brillans : il est donc évident, ce me semble, que le sel de Dérosne n'est point du méconate de morphine, comme le prétend M. Sertuerner.

Malgré toutes les expériences que je viens de rapporter, je me suis encore fait une nouvelle objection : j'ai cru possible que l'acide méconique ne fût seulement que l'acide libre de l'opium, et que la morphine se trouvât combinée dans cet extrait avec un autre acide pour former le sel de Dérosne. En conséquence j'ai recherché cet acide présumé dans la dissolution d'opium d'où on avait séparé la morphine et l'acide méconique; je l'ai précipité par du sous-acétate de plomb, et j'ai traité convenablement le magma considérable qui en est résulté par de l'hydrogène sulfuré; j'ai obtenu une liqueur très-colorée, d'un rouge brun, rougissant vivement le tournesol. J'ai saturé par la baryte, et il s'est déposé une grande quantité de matière colorante; l'acide est resté en dissolution à l'état de sel; j'y ai ajouté de l'acide sulfurique jusqu'à séparation complète de la baryte. Cette nouvelle solution était beaucoup moins colorée que la précédente; elle avait une saveur acide assez franche; elle ne colorait point en rouge les dissolutions de fer, quelqu'oxidées qu'elles fussent; seulement elle en rehaussait beaucoup la nuance. Cet acide ne se volatilise pas, et je ne lui ai reconnu aucune propriété marquante. Je l'ai combiné avec la morphine; ce nouveau sel est solu-

ble dans l'alcool et dans l'eau comme le méconate; il ne cristallise pas; il est décomposé par ses alcalis; il n'a donc aucun rapport avec la substance cristalline de Dérosne : ainsi je regarde désormais comme bien démontré que la morphine et le sel de Dérosne sont deux substances contenues dans l'opium, mais différentes et indépendantes l'une de l'autre.

M. Dérosne a fait une erreur en regardant la morphine comme une combinaison de potasse et de la matière cristalline de l'opium. Jusqu'alors, à la vérité, on n'avait rien retrouvé d'analogue dans les végétaux; il eût fallu une certaine hardiesse et une conviction intime pour oser prononcer; et il est facile de voir que M. Dérosne n'en était pas éloigné d'après la manière dont il s'exprime à cet égard. « J'ai essayé, dit-il, d'enlever à ce sel (la morphine) la petite quantité de potasse qui lui est unie en se dissolvant dans les acides les plus puissans; précipitant ensuite cette dissolution par un carbonate alcalin bien saturé, lavant ce précipité dans l'eau bouillante, et le dissolvant encore dans l'alcool; mais il a toujours retenu de la potasse; car il verdissait le sirop de violette. »

« Ce qu'il y a de bien singulier, ajoute-t-il, c'est que le même phénomène n'a pas lieu lorsqu'on dissout dans les acides le *sel pur* obtenu, soit de l'extrait, soit du marc d'opium, et qu'on le précipite ensuite par un alcali. Il est tout aussi pur qu'auparavant; la dissolution dans l'alcool ne verdit pas le sirop de violette, et elle précipite abondamment par l'eau. »

M. Sertuerner, qui depuis plusieurs années s'occupe de cet objet, s'est évidemment trompé en avançant que le sel de Dérosne était une combinaison de morphine et

d'acide méconique. Il n'a fait aucune expérience pour s'en convaincre, et s'est entièrement abandonné, à cet égard, aux probabilités suggérées par le raisonnement. On a donc tout lieu de s'étonner de la manière un peu légère avec laquelle il parle d'un travail généralement estimé et à très-juste titre.

Je terminerai en fournissant une preuve de l'existence simultanée, dans l'opium brut, des deux substances cristallines indiquées, et en donnant un moyen de les obtenir immédiatement.

Si, au lieu de dissoudre l'opium dans l'eau, on le traite auparavant par l'éther et qu'on l'épuise de tout ce qu'il a de soluble dans ce véhicule, on obtient des teintures d'un jaune plus ou moins foncé, qui, lorsqu'on les a agitées avec l'opium, restent troubles long-temps après leur décantation; peu à peu il s'en sépare une poudre insoluble dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther, et qui à la distillation donne une quantité considérable d'ammoniaque. Les teintures éthérées, séparées de cette poudre jaunâtre, donnent par leur évaporation des cristaux qui sont imprégnés d'une huile visqueuse au milieu de laquelle on voit nager de petites masses plus consistantes qui ne sont autre chose que du caoutchouc qu'on peut séparer à l'aide d'un tube. On décante le liquide huileux pour isoler les cristaux, et on les traite par l'alcool bouillant. On obtient ainsi par refroidissement du sel de Dérosne, légèrement imprégné d'un peu de caoutchouc. Une nouvelle dissolution les en dépouille tout-à-fait; ainsi, on isole très-facilement, par ce moyen, quatre produits différens, une *huile fixe*, du *caoutchouc*, une substance *végéto-animale* et le *sal* dont nous avons

fait mention. Cet opium, ainsi épuisé par l'éther et repris par l'eau, donne des dissolutions tout aussi acides qu'auparavant et qui se comportent avec la magnésie, comme si l'opium n'eût pas été primitivement traité par l'éther, c'est-à-dire qu'on en obtient à-peu-près la même quantité de morphine et avec autant de facilité.

L'on voit donc que ces deux substances cristallines existent dans l'opium d'une manière tout-à-fait indépendante l'une de l'autre; c'est aux physiologistes et aux médecins à déterminer maintenant quel est le mode d'action de ces deux corps dans l'économie animale, et à nous dire si nous devons chercher à les conserver l'une et l'autre dans les préparations que nous faisons subir à l'opium pour l'usage médical.

---

## *Action de la Morphine sur l'économie animale.*

PAR M. P. ORFILA.

1°. LA morphine seule peut être introduite dans l'estomac des chiens les plus faibles à la dose de 12 grains, sans donner lieu à aucun phénomène sensible; tandis qu'une pareille dose d'extrait aqueux d'opium détermine un empoisonnement violent, suivi quelquefois de la mort: cette nullité d'action de la morphine dépend de son peu de solubilité et de la difficulté avec laquelle elle est attaquée par les sucs de l'estomac.

2°. Les sels de morphine solubles dans l'eau, tels que l'acétate, le sulfate, l'hydrochlorate, etc., agissent avec la même intensité que l'extrait aqueux d'opium, et dé-

terminent exactement les mêmes symptômes ; ce qui tend à prouver que les effets de ce médicament doivent être attribués à un sel de morphine, qui est probablement le méconate, dont l'existence, annoncée par M. Sertuerner, vient d'être confirmée par les expériences récentes de M. Robiquet. Ce résultat important conduit naturellement à rechercher la morphine dans les plantes indigènes, et à la séparer pour la transformer en sel, et pour substituer celui-ci à l'extrait aqueux.

3°. L'extrait aqueux d'opium dont on a séparé la morphine peut être administré à forte dose sans déterminer les symptômes de l'empoisonnement ; et s'il conserve quelquefois une légère action, cela tient à ce que la séparation de la morphine n'a pas été complète.

4°. Six grains de morphine, dissous dans l'huile d'olive, agissent avec autant d'intensité que 12 grains d'extrait aqueux d'opium ; ce qui prouve que l'huile neutralise beaucoup moins les propriétés vénéneuses de la morphine que les acides. Ce fait est remarquable en ce qu'il nous donne les moyens de doubler en quelque sorte les propriétés médicamenteuses de l'extrait aqueux d'opium, résultat auquel on n'était pas encore parvenu.

5°. La morphine, comme toutes les substances qui agissent après avoir été absorbées, exerce une action beaucoup plus intense lorsqu'elle est injectée dans les veines, que dans le cas où elle est appliquée sur le tissu cellulaire, ou introduite dans le canal digestif.

6°. L'empoisonnement déterminé par la morphine ne diffère en rien de celui que produit l'opium, et doit être traité de la même manière. On doit s'attacher d'abord à expulser le poison par les émétiques, pour administrer





ensuite les acides végétaux convenablement affaiblis, l'infusion de café, etc. Ces moyens, aidés quelquefois de la saignée à la veine jugulaire ou au bras, réussissent presque constamment, comme je l'ai prouvé dans mon ouvrage *sur les poisons*.

7°. L'alcool, affaibli au point de n'exercer aucune action sur les chiens, dissout une si petite quantité de morphine, qu'il a été impossible de déterminer le moindre effet en l'administrant aux animaux qui ont été l'objet de mes expériences. Il est cependant probable que la dissolution alcoolique de morphine pourra être employée avec succès chez l'homme, qui, étant habitué aux liqueurs spiritueuses, peut prendre une assez forte dose d'alcool faible sans éprouver la moindre incommodité.

---

## ESSAI *sur l'analyse des Substances animales, présenté* (en thèse) *et publiquement soutenu à la Faculté de Médecine de Montpellier le* 9 *juillet* 1817.

PAR J.-E. BÉRARD.

(Extrait.)

M. BÉRARD s'est proposé, dans cet Essai, de faire l'analyse de plusieurs principes immédiats des animaux, et d'étendre nos connaissances sur cette partie si intéressante, mais trop peu cultivée, de la chimie animale.

Parmi les procédés connus dont M. Bérard pouvait se servir, il a donné la préférence à la combustion des matières animales par l'oxide brun de cuivre, qui a été em-

ployée et recommandée par M. Gay-Lussac. (*Ann. de Ch.*, vol. XCVI, p. 53.) (1). On mêle la matière animale avec 20 ou 25 fois son poids d'oxide de cuivre, et on l'introduit dans un tube de verre fermé par un bout, et à-peu-près de la grosseur d'un tube de baromètre : sur le mélange on place une couche d'oxide pour compléter la décomposition de la substance en eau et en acide carbonique, et sur cette couche on en place une autre de grosse limaille de cuivre pour détruire le gaz nitreux qui aurait pu se former. Le tube étant disposé de manière à pouvoir recueillir les gaz, on le chauffe successivement en commençant par la partie où se trouve la limaille de cuivre. A une température d'un rouge obscur, le carbone de la substance animale forme de l'acide carbonique, soit avec l'oxigène de cette dernière, soit avec celui de l'oxide; l'hydrogène forme de l'eau, et l'azote se dégage à l'état gazeux. On sépare facilement ce gaz de l'acide carbonique en le lavant avec une dissolution de potasse. L'oxigène fourni par l'oxide de cuivre est connu par la perte qu'éprouve ce dernier pendant l'opération; et l'eau est facilement évaluée par le calcul, ou par la différence des poids de la matière animale et de l'oxide de cuivre avant l'opération, à ceux de l'azote, de l'acide carbonique et

(1) L'oxide de cuivre présente l'avantage de se réduire facilement par l'hydrogène et le carbone; de contenir beaucoup d'oxigène, et assez fortement condensé pour qu'il ne se forme que peu de gaz nitreux par son action sur la substance animale. On détruit d'ailleurs ce dernier en le faisant passer sur de la limaille de cuivre, qui a la propriété de ne décomposer ni l'eau ni l'acide carbonique.

de l'oxide après cette même opération, pourvu que l'on ait l'attention de tenir compte de l'eau hygrométrique des gaz en les mesurant. Le tableau suivant renferme les résultats des diverses analyses faites par M. Bérard.

| NOM de LA SUBSTANCE animale. | QUANTITÉ soumise à l'analyse. | VOLUME du GAZ DÉGAGÉ en le supposant mesuré à Therm. 0; Barom. 0m,76; Hygrom. 0. | ANALYSE du Gaz en volume. | | POIDS de l'eau formée dans l'expérience. | POIDS de l'oxigène fourni par le peroxide de cuivre. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | AZOTE sur 100. | ACIDE carbonique sur 100. | | |
| | gramm. | litre. | | | gramm. | gramm. |
| Urée.... | 0,500 | 0,352 | 49,3 | 50,7 | 0,413 | 0,485 |
| Acide urique. | 0,360 | 0,336 | 33,1 | 66,9 | 0,228 | 0,450 |
| Beurre... | 0,300 | 0,372 | » | 99 | 0,455 | 0,880 |
| Graisse de porc. | 0,300 | 0,388 | » | 99 | 0,493 | 0,950 |
| Suif de mouton. | 0,300 | 0,365 | » | 99,5 | 0,554 | 0,970 |
| Substance grasse des calculs biliaires. | 0,300 | 0,402 | » | 99,6 | 0,491 | 0,980 |
| Spermaceti. | 0,300 | 0,455 | » | 99 | 0,303 | 0,890 |
| Huile de poisson. | 0,300 | 0,445 | » | 99,2 | 0,330 | 0,890 |

Avec ces données, M. Bérard a calculé les proportions en poids, sur 100 parties, de chaque substance analysée; mais comme on ne peut pas alors juger facilement, sans calcul, de leur degré d'exactitude par leur accord avec les proportions définies, nous avons formé le tableau suivant dans lequel les proportions sont en

volume. On y a réuni les analyses de la cire, de l'huile d'olive, de la copale, de la résine de térébenthine, de la fibrine, de l'albumine, du caséum et de la gélatine, données par MM. Thenard et Gay-Lussac dans leurs recherches physico-chimiques. On a pris 1,1036 pour la densité de l'oxigène rapportée à celle de l'air; 0,9691 pour l'azote; 0,416 pour la vapeur de carbone, et 0,0732 pour l'hydrogène (1). On a aussi admis qu'un gramme d'eau produit $1^{lit.},700$ de vapeur à 100°, sous la pression de $0^{m},76$. Si l'on voulait passer des proportions en volume à celles en poids, il faudrait faire attention que, pour l'hydrogène, la vapeur de carbone et l'azote, un volume est équivalent à une proportion; mais que, pour l'oxigène, il ne faut qu'un demi-volume pour faire une proportion.

(1) M. Bérard, pour calculer les résultats de ses analyses, en hydrogène et en oxigène, a admis que l'eau était formée en poids de 87 d'oxigène et de 13 d'hydrogène; mais ce rapport n'est point exact : il faut prendre celui de 10 à 1,3265, obtenu d'après la considération que l'eau est formée de deux parties en volume d'hydrogène contre une d'oxigène, et en adoptant pour la densité de chacun de ces gaz les nombres cités plus haut. Il en résulte une correction très-importante dans tous les résultats.

| NOM de LA SUBSTANCE. | VAPEUR de CARBONE. | GAZ AZOTE. | GAZ HYDROGÈNE. | GAZ OXIGÈNE. |
|---|---|---|---|---|
| Résine de térébenthine. | 1000 | » | 805 | 66 |
| Spermaceti. | 1000 | » | 823 | 42 |
| Cire | 1000 | » | 880 | 55 |
| Huile de poisson | 1000 | » | 917 | 57 |
| Copale | 1000 | » | 931 | 52 |
| Huile d'olive | 1000 | » | 953 | 46 |
| Graisse de porc | 1000 | » | 1437 | 149 |
| Beurre | 1000 | » | 1610 | 96 |
| Substance grasse des calculs biliaires | 1000 | » | 1510 | 47 |
| Suif de mouton | 1000 | » | 1876 | 78 |
| Albumine | 1000 | 127 | 810 | 170 |
| Gélatine | 1000 | 154 | 940 | 215 |
| Caséum | 1000 | 153 | 706 | 72 |
| Fibrine | 1000 | 166 | 748 | 140 |
| Acide urique | 1000 | 500 | 1260 | 224 |
| Urée | 1000 | 1000 | 2901 | 591 |

On voit, par ce tableau, que l'urée est de toutes les substances animales celle qui contient le plus d'azote, comme Fourcroy et M. Vauquelin l'avaient déjà conclu de leur beau travail. (*Annales de Chimie*, vol. XXXII.) Elle renferme beaucoup moins de carbone qu'aucune des substances végétales analysées; ce qui doit restreindre, dit M. Bérard, la conclusion que MM. Gay-Lussac et Thenard avaient été portés à tirer de leurs expériences, savoir : que les substances animales étaient plus charbonnées que les substances végétales (1). L'oxigène

(1) MM. Gay-Lussac et Thenard ont dit seulement : « On » voit que ces substances animales (la fibrine, l'albumine, » la gélatine et le caséum) sont toutes très-charbonnées, et

et l'hydrogène que contient l'urée ne sont pas exactement saturés l'un par l'autre. Il y a, comme dans l'albumine, la fibrine, le caséum et la gélatine, un excès d'hydrogène, mais avec cette différence remarquable que cet excès est bien loin de se trouver, par rapport à l'azote contenu dans la même substance, dans les proportions qui forment l'ammoniaque (1).

Dans l'acide urique, l'hydrogène est à l'oxigène dans un plus grand rapport que dans l'eau ; en sorte que cet acide ne serait point soumis à la loi de composition que MM. Gay-Lussac et Thénard avaient trouvée pour les acides végétaux ; savoir : que l'oxigène y est toujours à l'hydrogène dans un plus grand rapport que dans l'eau (2).

4gr,5 d'acide urique desséché à 100°, saturés aussi exactement que possible par la potasse, ont produit, en les mêlant avec une dissolution de nitrate de baryte,

---

» plus que ne le sont le sucre, la gomme ; » et cela est exact. (*Rech. Ph. Ch.*, vol. II, p. 337.)

(1) Pour que l'urée pût être considérée comme une combinaison d'oxide de carbone et d'ammoniaque, il suffirait que l'on eût 3000 d'azote au lieu de 2901, et 500 d'oxigène au lieu de 521.

(2) Il y a déjà plusieurs années que M. Gay-Lussac a regardé ce résultat comme n'étant pas général (*Annales de Chimie*, vol. XCI, p. 148) : il ne suffit pas, pour déterminer le caractère acide dans une combinaison, que le corps qu'on regarde comme le principe acidifiant soit en excès ; il faut encore une proportion et une disposition particulières de toutes les molécules constituantes.

$7^{gr},302$ d'urate de baryte desséché à 100°. Ce sel, décomposé par l'acide nitrique, puis précipité par le sulfate de soude, a produit $4^{g},201$ de sulfate de baryte, dans lesquels il y a $2^{g},752$ de base.

Les $7^{g},302$ d'urate de baryte contenaient donc $4^{g},550$ d'acide; et comme cette quantité diffère peu de celle soumise à l'expérience, il en résulte que l'acide urique desséché à 100° ne contient pas d'eau. Un autre résultat de cette expérience, c'est que l'urate de baryte est composé de :

| | |
|---|---|
| Acide, | 61,64; |
| Base, | 38,86. |

M. Bérard a aussi trouvé que l'urate de potasse contient

| | |
|---|---|
| Acide, | 70,11; |
| Potasse, | 29,89. |

Et il a conclu que, dans les urates, l'acide contient quatre fois plus d'oxigène que la base.

L'urée et l'acide urique étant les deux substances animales les plus riches en azote, on peut présumer que la sécrétion de l'urine a pour but de séparer du sang l'excès d'azote que lui fournissent les alimens, comme la respiration en sépare l'excès de carbone.

En comparant les graisses aux huiles tant végétales qu'animales, on remarque qu'elles s'en distinguent par une proportion moindre de carbone et par une plus grande d'hydrogène; ce qu'on aurait été loin de croire *à priori*, à cause de leur plus grande solidité. La cire et le spermacéti ont à-peu-près la même composition; l'huile de poisson et la copale paraissent identiques, et si leur ana-

lyse est exacte, on ne pourrait concevoir la différence qui existe entre leurs propriétés que par un arrangement différent de leurs molécules. Au reste, les divers élémens de chaque substance ne sont pas exactement en proportion définie, et avant de tirer aucune conclusion, il serait utile de faire encore de nouvelles expériences. Il faudrait surtout que les substances analysées fussent parfaitement pures; car aujourd'hui qu'on a des moyens précis d'analyse, on peut dire que c'est en cela uniquement que consiste la difficulté.

M. Bérard, en partant de l'observation que les graisses peuvent supporter un assez grand degré de feu sans se décomposer, a essayé de les former de toutes pièces. Il a introduit dans une vessie armée d'un robinet, un mélange de 1 partie en volume de gaz acide carbonique, 10 de gaz oléfiant et 20 de gaz hydrogène, qui renfermait par conséquent à-peu-près les élémens de la graisse, et il l'a fait passer, à une température d'un rouge cerise, dans un tube de porcelaine communiquant avec un tube de verre renflé dans son milieu; celui-ci aboutissait à une autre vessie vide destinée à recevoir le gaz de la première. A peine tout le mélange gazeux eut-il traversé le tube de porcelaine que le renflement du tube de verre, qui avait été maintenu froid, fut tapissé de cristaux légers et brillans, ayant tout-à-fait l'apparence de l'adipocire des calculs biliaires. Ils étaient plus légers que l'eau froide : sur l'eau chaude ils se fondaient et formaient des yeux comme la graisse ordinaire; l'alcool les dissolvait, et, par l'addition de l'eau, devenait blanc et laissait précipiter une poudre légère qui avait toutes les propriétés des petits cristaux. Il semble donc que ces cristaux étaient une espèce

de graisse; la quantité en était fort petite, mais suffisante pour déterminer leur nature. M. Bérard ne l'a point vu augmenter en continuant à faire circuler dans le même sens le mélange gazeux. Il ne doute point, cependant, que la matière grasse n'ait été formée aux dépens du mélange des gaz; car, après l'opération, le volume de ce mélange a paru diminué, tandis qu'il aurait dû, au contraire, augmenter par la décomposition du gaz oléfiant. C'est même par cette dernière cause qu'il explique pourquoi la matière grasse n'a pas continué à se former. M. Bérard, d'après une indication qui lui avait été donnée par M. Saussure, a répété une expérience de M. Doebereiner dans laquelle on doit obtenir une véritable graisse en faisant passer de la vapeur d'eau sur du charbon incandescent. Son expérience n'a pas eu de succès; mais il n'en tire aucune conséquence, parce qu'il craint de n'avoir pas opéré dans des circonstances convenables.

On aura vu, par cet extrait, combien le travail de M. Bérard est important; mais on ne devait pas moins attendre d'un élève aussi distingué de M. Berthollet.

---

## EXPOSÉ *de quelques Expériences relatives à l'écoulement des gaz par des tubes capillaires.*

PAR M. FARADAY.

(Traduit du *Journal of Sciences and the Arts*, vol. III, p. 354, 1817.)

LA mobilité d'un corps, ou la facilité avec laquelle ses molécules roulent les unes sur les autres, dépendant en-

tièrement de ses propriétés physiques, l'esprit aura peu de peine à saisir les phénomènes relatifs aux mobilités comparatives des différens gaz. Ces corps se ressemblant dans toutes les propriétés physiques, excepté dans la densité, on peut supposer que celle-ci a quelque influence sur les mouvemens intérieurs engendrés dans la masse du gaz, et que ces mouvemens seront retardés en proportion de l'accroissement de densité spécifique; mais comme cette supposition n'a jamais été soumise à une épreuve décisive, les expériences suivantes, quoique dépourvues peut-être de ce genre d'intérêt qui commande l'attention, méritent néanmoins d'être rapportées.

L'appareil se composait d'un vase en cuivre de la capacité d'environ 100 pouces cubes, surmonté d'une pompe de compression. Quatre atmosphères de chacun des gaz qu'on voulait essayer furent successivement renfermées dans le récipient, auquel on avait préalablement adapté un tube de thermomètre très-fin et de 20 pouces de longueur. Le temps que le gaz employait à s'échapper par ce tube était évalué à l'aide d'une pendule à secondes; l'expérience commençait sous la pression de quatre atmosphères, et était arrêtée lorsque cette pression se trouvait réduite à une atmosphère et un quart. De cette manière,

Le gaz acide carbonique nécessita 156,5 secondes pour s'échapper;
Le gaz oléfiant . . . . . . . . . . 135,5;
L'oxide de carbone. . . . . . . . . 133;
L'air commun. . . . . . . . . . . 128;
Le gaz du charbon de terre. . . . . . 100;
L'hydrogène. . . . . . . . . . . . . 57.

Ces expériences tendent à montrer que la mobilité des gaz diminue comme leur densité augmente : ce résultat est confirmé par des expériences faites avec des vannes. Une roue qui portait à sa circonférence, et perpendiculairement à son plan, un certain nombre de petites ailes, fut successivement placée dans des atmosphères de différens gaz. On faisait, dans tous les cas, tourner la roue avec une force constante, et l'on observait que la durée de son mouvement, lorsque cette force avait cessé d'agir, était d'autant moindre que la gravité spécifique du gaz était plus grande. Ainsi, par exemple :

Dans le gaz acide carbonique, le mouvement continuait . . . . . . . . . . . . . . . 6 secondes ;
Dans l'air commun. . . . . . . . . 8 ;
—— le gaz du charbon de terre. 10 ;
—— le gaz hydrogène . . . . . 17.

On est donc autorisé à penser que la mobilité d'un gaz est en raison inverse de sa densité.

J'ai poussé ces expériences beaucoup plus loin à cause de quelques résultats particuliers qui se sont présentés à moi sous de petites pressions ; mais comme je n'ai pas pu me satisfaire encore relativement aux explications qu'on en peut donner, je n'entrerai pas pour le moment dans de plus grands détails ; j'observerai seulement qu'il n'y a en apparence aucune connexion, sous des pressions faibles, entre les densités des gaz et les temps de leurs écoulemens par de petits tubes. Le gaz oléfiant passe alors aussi facilement que l'hydrogène, et deux fois plus vite que l'oxide de carbone et l'air commun ; l'acide carbonique s'échappe beaucoup plus rapidement que des gaz

qui lui sont inférieurs en densité. On trouve des résultats analogues, même sous des pressions considérables, si l'on diminue convenablement le calibre du tube ; les effets de la mobilité se mêlent alors avec d'autres causes, et les temps des écoulemens présentent des anomalies qui probablement tirent leur origine de quelque perte de force dans le tube, et offrent aux géomètres un intéressant sujet de recherches.

---

## INSTRUMENS NOUVEAUX.

---

### *Perfectionnement de la Lampe à air inflammable, et Appareil pour se procurer instantanément du gaz hydrogène dans un laboratoire.*

PAR M. GAY-LUSSAC.

La lampe à air inflammable, telle qu'on la construisait avant que j'eusse indiqué à M. Dumotiez le perfectionnement que je vais décrire, avait l'inconvénient d'exiger qu'on en renouvelât le gaz hydrogène très-fréquemment. Au moyen de ce perfectionnement, la lampe s'alimente d'elle-même, et il sera au plus nécessaire de renouveler les ingrédiens qui doivent produire le gaz hydrogène, une fois par année; ce qui se fera d'ailleurs avec une extrême facilité. L'artifice consiste à suspendre un cylindre de zinc ou de fer dans la partie supérieure du vase où l'on a mis de l'acide sulfurique. Il se produira du gaz hydrogène pendant que le métal plongera dans l'acide, et le

dégagement cessera aussitôt que le contact n'aura plus lieu.

*f g l m* (*fig.* 2) est un flacon à trois tubulures, contenant de l'acide sulfurique étendu d'un à deux fois son volume d'eau. L'une des tubulures *i* est fermée par un bouchon de liége ou de métal auquel est attaché un cylindre *c* de zinc ou de fer; celle du milieu reçoit un ballon *eadb*, percé en *e*, et dont le col, un peu rétréci en *d*, plonge dans l'acide, au-dessous de l'extrémité inférieure du cylindre de zinc; la troisième tubulure porte un tube *np*, par l'extrémité *p* duquel s'échappe le gaz hydrogène lorsque le robinet *r* est ouvert.

Supposons qu'on ait rempli le flacon d'acide sulfurique jusqu'en *fg*, et qu'on y plonge le cylindre de zinc *c* : à l'instant il se dégagera du gaz hydrogène; l'on tiendra le robinet *r* ouvert pendant quelques secondes, pour que l'air atmosphérique au-dessus de *g* puisse s'échapper; car autrement il pourrait y avoir une détonation dans le flacon la première fois que l'on ferait usage de la lampe, à moins que le volume d'air ne surpassât pas le douzième de celui du gaz hydrogène. Le robinet étant ensuite fermé, le gaz hydrogène forcera le liquide à s'élever dans le ballon par l'ouverture *d*, et il arrivera bientôt que le zinc ne plongera plus dans l'acide, et que par conséquent le dégagement du gaz cessera. Alors l'acide occupera le niveau *lm* dans le flacon, et le niveau *ab* dans le ballon. Il faut évidemment que la capacité du dernier soit assez grande pour recevoir tout le liquide déplacé par l'hydrogène, et même tout celui dans lequel plonge le col du ballon; car, s'il arrivait que le zinc tombât au fond du flacon, il s'échapperait de

l'acide par l'ouverture *e* si le ballon n'avait pas une capacité suffisante. Pour éviter cet accident, le zinc ou le fer doit être attaché avec un fil de cuivre qui n'est pas attaqué par l'acide, ou logé dans une petite cage de ce métal, et dès-lors il suffira que le ballon puisse contenir l'acide déplacé par le gaz hydrogène jusqu'en *lm*. L'ouverture *e* du ballon est destinée à laisser échapper l'air à mesure que le liquide s'y élève. Il est évident, par cette disposition, que lorsqu'on ouvrira le robinet *r* pour se procurer de la lumière en enflammant l'hydrogène par l'étincelle électrique, le niveau *lm* de l'acide s'élèvera, et que s'il parvient à toucher le zinc, il se dégagera de l'hydrogène qui remplacera celui qui aura été consumé. La lampe s'entretiendra donc d'elle-même de gaz hydrogène tant que le zinc ou le fer ne sera pas épuisé.

On peut encore alimenter aisément la lampe de gaz hydrogène sans suspendre le zinc dans la partie supérieure du flacon : il faudra avoir de petites balles de zinc ne pouvant pas produire chacune assez d'hydrogène pour que le niveau *lm* s'abaisse au-dessous de l'ouverture *d*, et on en laissera tomber une, par l'ouverture *e*, sur le fond convexe du flacon, chaque fois que l'on voudra remplir la lampe d'hydrogène.

Pour avoir instantanément avec cet appareil du gaz hydrogène dans un laboratoire, il faut supprimer le tube à robinet et le remplacer par le tube de verre *hkf'*, d'une longueur telle que lorsque la partie *hf'* sera plongée dans l'eau, le gaz hydrogène éprouve, de la part de la colonne *hf'*, une pression plus grande que celle qu'il supporte dans le flacon ; mais lorsqu'on soulèvera l'appareil, de manière que le tube ne plonge plus que de

$kf'$, la pression sera moindre que dans le flacon, et le gaz hydrogène s'échappera. En plongeant de nouveau le tube dans l'eau jusqu'en $h$, le dégagement du gaz hydrogène s'arrêtera aussitôt.

---

## *Sur un Lactomètre.*

La valeur du lait, dans une ferme, est déterminée par la quantité de crême qu'il peut produire : or, cette quantité varie avec l'âge, la santé des vaches, et l'espèce de nourriture qu'on leur donne. Sir Jos. Banks a fait construire un instrument très-simple dont les agriculteurs intelligens ne manqueront sûrement pas de faire usage, et à l'aide duquel on évalue fort exactement la proportion de crême qui est fournie, soit par le lait de différens animaux, soit par celui du même animal diversement nourri.

Cet instrument se compose d'un certain nombre de tubes de verre du même diamètre intérieur ($\frac{3}{4}$ de pouce environ), et de 11 pouces de long. Ces tubes, fermés à la partie inférieure et ouverts par le haut, sont tous maintenus verticalement et de la même manière sur un appui de bois ou de toute autre substance. A 10 pouces du fond, chaque tube porte un trait numéroté *o* (*zéro*), et à partir duquel on a tracé sur la surface des divisions qui embrassent de haut en bas une étendue de 3 pouces, et dont chacune est de $\frac{1}{10}$ de pouce, et correspond conséquemment à $\frac{1}{100}$ de la longueur totale du tube. Maintenant si plusieurs de ces tubes sont remplis au même instant de lait nouveau et exposés à la même tempéra-

ture, la crême se formera au sommet de la colonne, et l'on évaluera immédiatement son épaisseur à l'aide des divisions extérieures. On pourra étudier ainsi sans difficulté l'influence des différentes espèces de pâturages. (*A Journal of Science and the Arts.* Juillet 1817, p. 393.)

---

## *Nouvel Hygromètre de M.* DANIEL WILSON.

Les physiciens ont imaginé une grande variété d'hygromètres. Dans ceux de Saussure, de Deluc, du capitaine Kater, le mouvement de l'index est produit par l'allongement qu'éprouve une fibre animale ou végétale lorsqu'elle se charge d'humidité. M. Leslie recouvre l'une des boules de son thermomètre différentiel d'un linge mouillé, et juge de l'état hygrométrique de l'atmosphère par le froid qu'occasionne l'évaporation. Le Roy de Montpellier arrive au même résultat en déterminant quelle température doit avoir le liquide contenu dans un gobelet de verre pour que ses parois extérieures cessent d'attirer l'humidité de l'air. D'autres évaluent les changemens de poids d'un corps déliquescent; ceux-ci introduisent du mercure dans un tuyau de plume dont le volume, comme on sait, se dilate ou se contracte suivant que l'air est plus ou moins humide; ceux-là préfèrent une boule creuse d'ivoire, à parois très-minces : dans ces deux derniers cas, on agrandit les effets du changement de capacité en adaptant à l'appareil, comme dans les thermomètres, un petit tube capillaire dans lequel vient osciller le liquide qui sort du récipient ou qui y rentre. Il en est enfin qui

se procurent un certain nombre de points de repère en déposant sur une lame de verre des sels qui tombent en déliquescence à différens degrés d'humidité. La plupart de ces hygromètres ne sont pas comparables; d'autres sont fragiles et peu portatifs. La substance organique qui entre dans la composition de plusieurs se détériore promptement; ce qui change à la longue, d'une manière sensible, la valeur de la graduation et la situation des points extrêmes. La nécessité de quelques manipulations est aussi un grave inconvénient dans un instrument qui doit être fréquemment consulté. M. Wilson ne prétend pas avoir surmonté tant d'obstacles. Il donne seulement son nouvel hygromètre pour un des plus simples et des plus sensibles qui aient été proposés jusqu'ici.

Pour le construire, on se procure une vessie de rat; après l'avoir bien lavée dans de l'eau froide, on la retourne, et on attache à son orifice avec du fil un tube capillaire de verre, dont l'extrémité inférieure avait été elle-même antérieurement recouverte de quelques tours de fil pour l'empêcher de glisser. Le tout est ensuite rempli de mercure (1). On obtient le terme de l'humidité

(1) Le procédé que recommande M. Wilson, pour remplir l'instrument, consiste à attacher momentanément à l'extrémité supérieure du tube de l'hygromètre une vessie plus grande que celle qui doit servir de récipient, et contenant déjà du mercure; la vésicule du fiel d'un agneau, par exemple. En la soulevant, et à l'aide de quelques légères secousses, on parvient à faire descendre le mercure le long du tube capillaire, surtout si on a eu l'attention de faire à la paroi de la vessie, à côté de ce tube, de très-petites piqûres par lesquelles l'air

extrême en plongeant la vessie dans de l'eau à la température de 15°5 centigrades (60° Fahr.). Le point de l'extrême sécheresse se détermine tout aussi simplement en renfermant, sinon l'instrument entier, du moins la vessie qui le termine, dans un récipient de verre contenant une certaine quantite d'acide sulfurique d'une densité égale à 1,850. L'intervalle compris entre ces deux points fixes est divisé en 100 parties, qui doivent être égales entr'elles si le tube est calibré. On ferme l'extrémité supérieure du tube avec un petit bouchon de bois poreux, recouvert ensuite d'une enveloppe en cuivre.

Dans cet état, la marche du mercure dans le petit tube de l'instrument est l'effet combiné de l'expansion du liquide et des changemens de capacité qu'éprouve la vessie lorsque l'air est plus ou moins humide. La dilatation du mercure étant connue, pour défalquer de la marche de l'instrument la partie purement thermométrique, il suffirait de déterminer le rapport du volume du tube à celui de la vessie; mais on arrivera plus facilement encore au résultat en plongeant l'instrument dans de l'eau à diffé-

---

puisse s'échapper. Ces piqûres se trouvent ensuite tout naturellement fermées si on étend jusqu'à elles la ligature qui sert à attacher la vessie au tube capillaire.

En s'occupant de la construction de ces instrumens, M. Wilson a remarqué que les rats de Londres sont très-sujets à la pierre : beaucoup plus, par exemple, que ceux de Dublin. La vessie de quelques-uns est entièrement remplie d'une substance blanche et spongieuse : on trouve chez d'autres un gravier rouge.

rentes températures, et notant les excursions correspondantes du mercure.

M. Wilson dit avoir conservé des hygromètres de ce genre pendant plus de trois ans sans qu'il se soit manifesté aucun changement dans leur marche; les points extrêmes ne s'étaient pas non plus déplacés : dans l'eau et dans un récipient que l'action absorbante de l'acide sulfurique avait purgé de vapeurs, le mercure, après ce long espace de temps, venait occuper les divisions 100 et 0, comme le jour où l'échelle avait été graduée pour la première fois. L'auteur recommande néanmoins de ne pas laisser la vessie trop long-temps dans l'eau.

La sensibilité de ces hygromètres est fort grande : la partie de l'échelle comprise entre les termes de l'humidité et de la sécheresse extrêmes est triple de l'intervalle qui, dans un thermomètre dont les dimensions seraient précisément les mêmes, s'étendrait de 0 à 100° centigrades.

Dans ceux de ces instrumens qui sont destinés aux voyageurs, pour éviter qu'une secousse du mercure ne rompe la vessie, on introduit celle-ci dans une petite boîte en bois, dont le fond, de peau, est mobile à l'aide d'une vis; le tout est recouvert d'une enveloppe de cuivre qui peut se visser au tube en verre de l'hygromètre. Lorsque l'instrument doit être emballé, ce récipient extérieur est rempli à moitié de mercure; on pousse alors avec la vis le fond mobile; l'air s'échappe au travers des pores du bois; le mercure extérieur vient recouvrir la vessie, comprime ses parois et force le liquide intérieur à s'élever dans le tube de l'hygromètre jusqu'à un demi-pouce du sommet. Dès-lors les parois de la vessie sont à-peu-près autant pressées de dedans en dehors que de dehors en

dedans, et l'on n'a plus rien à craindre des secousses qu'elle peut éprouver. Cette disposition, ajoute M. Wilson, a encore l'avantage de priver la vessie du contact de l'air lorsqu'on ne fait pas d'expériences, et de la garantir de toute altération.

---

## NOUVEAU MOYEN *de régler la durée des oscillations des Pendules.*

PAR M. DE PRONY.

Les physiciens et les artistes sont parvenus, par un grand nombre de méthodes ingénieuses, et en opposant la dilatation d'un métal donné à celle d'un métal ou de tout autre corps plus ou moins sensible que le premier aux impressions de la chaleur, à construire des balanciers qu'on appelle *à compensation*, et dont le centre d'oscillation ne se déplace pas, quelle que soit d'ailleurs la température. Une vis adaptée à la partie inférieure de la lentille, quand le pendule est à couteau, et aux pièces de suspension lorsqu'il est soutenu par un ressort flexible, sert à lui donner la longueur convenable, pour que l'horloge puisse marquer le temps sidéral ou le temps moyen. S'il est très-facile de régler *à-peu-près* une pendule par cette méthode, ce n'est qu'après de longs tâtonnemens qu'on parvient à la faire concorder parfaitement, c'est-à-dire, *à une fraction de seconde près*, avec la marche des corps célestes (1). L'expérience

(1) La variation de longueur du pendule qui correspond à

de tous les jours prouve d'ailleurs que la machine la plus parfaite éprouve, par l'épaississement des huiles, la légère couche de rouille dont les tourillons se chargent à la longue, etc., des changemens qui, à la vérité, sont renfermés dans des limites très-resserrées, mais qu'il importe de faire disparaître pour épargner des calculs minutieux, tant à ceux qui se servent d'une pendule pour des observations astronomiques, qu'aux amateurs qui desirent savoir exactement et sans peine l'heure qu'il est. Tel est le but que s'est proposé M. de Prony dans l'appareil simple et ingénieux que nous avons fait dessiner figure 3.

Cet appareil se compose d'une tige métallique *f* d'un petit diamètre, qui est adaptée en *o* au-dessus du couteau *a b* de suspension, à-peu-près dans le prolongement de la perpendiculaire menée du centre de gravité du balancier sur le tranchant de ce couteau. Une autre verge, aussi très-mince, croise à angles droits la première autour de laquelle elle peut tourner à frottement doux; aux extrémités de cette seconde verge et à égale distance de *o f* sont deux petits globes de platine *c*, *d*, (on pourrait aussi se servir de tout autre métal), qui, tournant avec la verge à laquelle ils sont fixés, accélèrent ou retardent les vibrations suivant qu'on les éloigne ou qu'on les approche du plan dans lequel le pendule oscille. Ainsi le retard est à son *maximum* lorsque la tige qui supporte les deux petits globes est contenue, comme dans la figure, dans le plan dont nous venons de parler, et le moindre

---

une variation d'*une seconde* de temps, en un jour moyen, est exprimée par $\frac{23}{1000}$ de millimètre; ce qui équivaut à-peu-près à $\frac{1}{100}$ de ligne.

possible lorsqu'elle lui est perpendiculaire. Dans les positions de la tige *cd*, qui ont été ponctuées dans la figure, la vitesse du pendule est intermédiaire entre celles qui correspondent aux positions extrêmes dont nous venons de parler.

M. Bréguet, dont tout le monde connaît la grande habileté, a construit sur ces principes un pendule à demi-secondes qui a déjà présenté des résultats on ne peut plus satisfaisans. Les globes de platine ont environ 4 millimètres de rayon. Leurs distances à l'axe du pendule et au tranchant du couteau de suspension sont respectivement de 34 et de 36 millimètres : un mouvement de $\frac{1}{4}$ de circonférence, à partir de la position initiale perpendiculaire au plan dans lequel le pendule oscille, produit un retard d'environ 10 secondes en vingt-quatre heures. Ainsi, en arrangeant préalablement la pendule dans la position initiale, au moyen de la lentille *L*, de manière qu'elle avance d'un nombre de secondes compris entre 9 et 10, ce qui est toujours facile, on est assuré de pouvoir la régler exactement en faisant décrire au système des globes un angle plus petit que l'angle droit. Ce mouvement angulaire est produit avec une extrême facilité sans que le pendule s'arrête; ce qui est un grand avantage.

Lorsqu'on connaît la masse *m* du pendule, la distance *b* de son centre de gravité à l'axe de suspension, celle *g* du même axe au centre de gravité des deux masses mobiles *c* et *d*, le poids *m'* de chacune de ces masses, leur distance *p* à l'axe *fo* du pendule, on peut calculer les angles qu'il faut faire décrire à la tige *cd* pour obtenir, de seconde en seconde, tous les retards compris entre ses positions extrêmes, à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Sin. } V = \frac{1}{p} \sqrt{\frac{(bm - 2gm') \lambda dn}{nm'}},$$

dans laquelle λ représente la longueur du *pendule simple* synchrone au *pendule composé*; *n*, le nombre de vibrations que ce pendule fait en un jour, et *dn*, le retard qu'on se propose d'obtenir, et qu'on supposera successivement de 1″, 2″, 3″, etc. Les angles *V*, dans cette formule, sont comptés à partir du plan perpendiculaire à celui dans lequel le pendule oscille : on en calculera la valeur et on les marquera, si on veut, sur un quart de cercle au-dessus duquel se mouvra une des masses *c*. Après avoir donc éprouvé la marche de la pendule, dans une position quelconque de la tige *cd*, on saura à quelle division cette masse devra correspondre pour que la pendule soit parfaitement réglée. Telle est, du reste, la simplicité de ce moyen, que, sans aucun calcul préalable, il suffira toujours de deux ou trois essais pour arriver au résultat qu'on a en vue.

---

## NOUVEAUX THERMOMÈTRES *métalliques de MM.* Bréguet.

L'EXACTITUDE qu'on a apportée depuis quelques années dans les expériences de physique a fait naître une grande variété d'instrumens parmi lesquels le thermomètre auquel cet article est consacré nous paraît mériter un rang distingué.

Ce thermomètre se compose, comme on peut voir figure 4, d'une spirale fixée en *A* au support de cui-

vre *B*, qui, par sa forme, la laisse dans un isolement parfait. La spirale correspond verticalement au centre du cercle *M* sur lequel les degrés sont marqués; sa dernière circonvolution porte, d'un côté, la tige déliée *c*, et, de l'autre, une pièce *d* plus courte, mais d'un poids à-peu-près égal, et destinée à faire équilibre à la première : le cercle, supporté par trois petits pieds *e*, *f*, *g*, est évidé dans le centre afin que l'air n'éprouve aucun obstacle à se renouveler autour de l'instrument.

La spirale étant composée de métaux inégalement dilatables et soudés entr'eux dans toute leur étendue, doit évidemment se tordre ou se détordre suivant que la température varie dans un sens ou dans l'autre, et entraîner dans ce mouvement l'index *c*, qui parcourt ainsi les divisions du cercle inférieur. On détermine la valeur de cette graduation, soit en comparant la marche du nouvel instrument à celle d'un thermomètre à mercure, soit en fixant directement la situation de deux points extrêmes, tels que les termes fixes de l'ébullition et de la congélation de l'eau. Ensuite on peut sans erreur sensible partager l'intervalle compris entre ces deux points en cent parties égales, et considérer chaque division comme équivalente à un degré du thermomètre centésimal à mercure. L'espace que chaque degré occupera sur le cercle divisé, sera évidemment proportionnel au rayon de ce cercle et au nombre de circonvolutions de la spirale.

Dans un de ces thermomètres que je possède, la spirale fait vingt-sept tours sur elle-même; les degrés sur un cercle de 27 millimètres de rayon occupent un peu plus de 3,5 millimètres chacun; 48 complètent à-peu-près la circonférence entière; en sorte que, dans l'intervalle

de la glace fondante à l'ébullition de l'eau, l'index fait un peu plus de deux fois le tour du cadran divisé.

À la rigueur, il doit suffire, dans la construction de la spirale, de superposer deux métaux inégalement dilatables, le platine et l'argent, par exemple; mais pour éviter les déchiremens qui se manifestaient presque toujours dans une des lames, pendant les changemens brusques et considérables de température, MM. Bréguet ont imaginé de placer entre le platine et l'argent une lame d'un métal doué d'une dilatation intermédiaire et à-peu-près moyenne entre celle des deux premiers, et c'est l'or pur qu'ils ont choisi. Cet artifice a donné aux points extrêmes du thermomètre une fixité qu'ils n'avaient pas auparavant.

Les trois lames superposées de platine, d'or et d'argent, dont la spirale est composée, forment ensemble une épaisseur de $\frac{1}{50}$ de millimètre. Le thermomètre est ainsi presque tout en surface, et a, en outre, une masse très-petite : aussi accuse-t-il les variations de température avec une *promptitude extrême*, et qu'on chercherait vainement dans les thermomètres à mercure les plus sensibles, et même dans les thermomètres à air. Le temps que le calorique emploie, dans ces derniers instrumens, à traverser l'enveloppe vitreuse et la masse du fluide qu'elle renferme, surtout quand ce fluide est du mercure, empêche qu'ils ne marquent avec précision les changemens de température de peu de durée. Les résultats suivans, que j'extrais d'une note qui m'a été communiquée par MM. Bréguet, se rapportent à une question de physique très-intéressante, et me paraissent propres à faire sentir les avantages du nouvel instrument.

Le thermomètre métallique à spirale et un thermomètre à mercure furent placés conjointement dans le récipient d'une machine pneumatique; la capacité de ce récipient était de *cinq* litres; la température de + 19° centigrades. On fit alors le vide aussi promptement que possible : le froid qui se manifeste toujours, comme on sait, pendant la raréfaction de l'air, agit aussitôt sur les deux instrumens; mais le thermomètre à mercure ne descendit que de 2° centigrades, tandis que l'index *c* de la spirale passa de + 19° à — 4° centigrades. En laissant rentrer l'air immédiatement après, le thermomètre métallique s'éleva jusqu'à + 56° centigrades; le thermomètre à mercure descendait encore un peu, tant les effets frigorifiques de la raréfaction avaient mis de lenteur à se communiquer à la masse du liquide contenue dans la boule en verre de cet instrument. En diminuant la masse de la spirale, celle de son support et du cercle gradué; en augmentant le volume du récipient, sans rien ajouter à l'épaisseur de ses parois, MM. Bréguet ont obtenu, dans des expériences analogues à celles que nous venons de rapporter, des effets qui surpassent beaucoup 50° centigrades, et sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir dans un des prochains Cahiers.

---

## LAMPE DE SURETÉ *de Sir* H. Davy.

La fig. 1re représente la forme que sir H. Davy a définitivement adoptée pour sa lampe de sûreté.

Si la gaze métallique dont se compose le cylindre est

tressée, les fils doivent être de cuivre ou de fer, et avoir au moins $\frac{1}{40}$ de pouce anglais de diamètre. L'auteur recommande d'en mettre 30 dans la trame, et 16 ou 18 dans le tissu. Si la gaze métallique est platé, le diamètre du fil ne sera pas moindre que $\frac{1}{60}$ de pouce; la trame et le tissu en contiendront l'un et l'autre 28 ou 30.

Une précaution très-importante dans la construction de cet ingénieux instrument, c'est de bien arrêter et de doubler avec du fil métallique la *couture* verticale qui règne tout le long du cylindre. Il n'est pas moins nécessaire de donner une grande attention à l'ajustement du cylindre et du corps de la lampe, tant pour éviter qu'un choc un peu violent ne les sépare, que pour ne pas laisser, dans cette partie, des ouvertures plus grandes que les mailles de la toile.

La spirale de platine qui enveloppe la flamme de la lampe a pour objet d'empêcher que celle-ci ne noircisse les fils et n'obstrue les ouvertures de la gaze métallique.

Une spirale semblable (elle n'est pas dessinée dans la figure) de $\frac{1}{70}$ à $\frac{1}{80}$ de pouce anglais de diamètre, et suspendue par un fil un peu gros au-dessus de la mèche, devient lumineuse quand la lampe s'éteint par l'arrivée d'une proportion trop grande de gaz inflammable, et fournit ainsi au mineur une lueur assez forte pour qu'il puisse se diriger. Il n'y a aucun danger pour la respiration tant que les fils de la spirale restent incandescens; car ils s'éteignent aussitôt que le gaz inflammable compose les $\frac{2}{5}$ du volume de l'atmosphère.

On distingue dans la figure, en *b*, la double enveloppe de toile métallique dont il est convenable que le sommet

du premier cylindre *a* soit recouvert ; en *d*, l'extrémité inférieure de la petite tige qui sert à moucher la mèche, ou plutôt à faire tomber la partie carbonisée ; en *f*, le réservoir de l'huile.

On se rappelle sans doute que ce qu'on doit surtout éviter dans l'usage de cet appareil, c'est que le tissu métallique qui enveloppe la flamme ne devienne jamais rouge. Pour cela, il faut diminuer la vitesse du courant d'air, ou augmenter l'étendue des surfaces refroidissantes. Un double cylindre de gaze métallique ; un cylindre simple dans l'intérieur duquel est un réflecteur très-mince et d'une largeur égale à la moitié de la circonférence du cylindre remplissent complètement cet objet. (*Voyez* au surplus les *Mémoires* de sir H. Davy, tome Ier, page 136 ; tome V, pages 260, 337 et 347.)

---

THERMOMÈTRE *à indicateur solide pour les* maxima *et les* minima *de température.*

LES recherches de M. de Humboldt, dont nous avons rendu compte dans le Cahier de mai, à l'occasion de son Mémoire *sur la forme et la situation des lignes isothermes*, ont prouvé que, *dans tous les climats et sous toutes les latitudes*, on peut prendre sans erreur sensible, pour *température moyenne* de chaque jour de l'année, la moyenne des températures extrêmes. Le *maximum* de température arrive généralement, abstraction faite des circonstances accidentelles, vers les deux heures après midi ; le *minimum* a lieu au lever du soleil ; heure trop

incommode, dans quelques saisons, pour qu'on puisse espérer que les simples amateurs de météorologie se procureront souvent cette observation. Il nous a semblé que nous ferions une chose utile en insérant ici la description d'un thermomètre très-peu connu sur le continent, quoiqu'il soit fort répandu en Angleterre, et dont l'objet est la détermination des *maxima* et *minima* de température qui ont lieu dans un espace de temps quelconque et en l'absence de l'observateur.

Cet instrument, dont M. Rutherford a donné la description en 1794 dans les *Transactions d'Edinburgh*, tome III, est représenté figure 5, et se compose de deux thermomètres distincts, à tiges horizontales. Le thermomètre inférieur est destiné aux *maxima*. Il ne diffère d'un thermomètre ordinaire *à mercure* qu'en ce que la colonne liquide, en se dilatant, *pousse* graduellement devant elle un cylindre d'acier *a*, dont le diamètre est un tant soit peu plus petit que celui du tube. Lorsque le froid succède à une température croissante, le liquide se resserre et revient vers la boule *A* du thermomètre; mais comme l'acier frotte sur le tube et n'a presqu'aucune adhérence avec le mercure, il ne suit pas ce second mouvement; cet index reste précisément à la place où la dilatation antérieure l'avait poussé, comme une marque permanente de la plus grande excursion que le mercure ait faite en s'éloignant de la boule pendant la durée des observations: ce qui revient à dire qu'il donne la mesure de la plus haute température qui se soit fait sentir dans le même intervalle.

Le thermomètre supérieur est d'alcohol blanc; un petit cylindre d'émail coloré sert d'index. Le cylindre d'acier

dont nous venons de parler était *en-dehors* du mercure; celui-ci est *entièrement plongé dans l'alcool.* Lorsque ce liquide, en obéissant aux impressions du froid, se resserre et marche vers la boule *D*, l'extrémité de la colonne entraîne avec elle la pièce d'émail; mais si l'alcool se dilate ensuite, la courbe concave qui termine la colonne liquide dans la tige du thermomètre se détache aussitôt de l'index, et le laisse à la place où le resserrement du liquide l'avait d'abord transporté. La partie de ce cylindre d'émail la plus éloignée de la boule fera connaître, par la division à laquelle elle correspondra, la plus grande contraction que l'alcool ait éprouvée, ou, ce qui est la même chose, quel a été le *minimum de température.*

Avant de mettre l'un quelconque de ces deux instrumens en expérience, il est nécessaire d'amener l'index solide en contact avec l'extrémité de la colonne liquide. Quant au thermomètre à mercure, si on le place un instant dans une position à-peu-près verticale et la *boule en bas*, le petit cylindre *a* d'acier tombe en vertu de sa propre gravité, jusqu'à ce qu'il soit arrêté en *m* par la colonne de mercure. Si l'on soulève, au contraire, le thermomètre à alcool de manière que la boule soit *en haut*, le petit cylindre d'émail qui est plongé dans le liquide descend jusqu'à la petite courbe *n*, dont il ne peut pas vaincre l'adhérence. Or, on obtient tout-à-coup ce double effet, les deux thermomètres étant disposés comme on le voit dans la figure, en faisant tourner de bas en haut et autour de l'axe *R*, la pièce *pq* à laquelle les deux thermomètres sont attachés.

L'idée de marquer, à l'aide d'un index solide, les ex-

cursions extrêmes de la colonne liquide d'un thermomètre est très-simple, et l'on aurait droit d'être étonné qu'elle eût tant tardé à se présenter à l'esprit des physiciens et des artistes : aussi trouve-t-on qu'elle avait déjà été mise en pratique par les membres de l'académie *del Cimento.* J'ignore si leur instrument a été décrit; mais il est conservé avec soin dans le cabinet de physique de Florence. On s'en fera une idée assez nette en imaginant que le thermomètre supérieur dans la figure 5, à la fin du Cahier, est, comme nous l'avons déjà dit, à alcool, et que le tube horizontal, recourbé à son extrémité *o*, se rattache à un second tube de même longueur, qui lui soit à-peu-près parallèle et placé par-dessus. La colonne d'alcool ne s'étend que jusqu'à une certaine distance du réservoir; le reste du tube jusqu'au point *o*, où il est recourbé, et une portion de l'embranchement supérieur, sont remplis de mercure. Pour que ce liquide ne vienne pas, en vertu de sa gravité spécifique, prendre, dans la boule *D*, la place de l'alcool, on dispose la planche sur laquelle l'instrument est fixé, de manière que le coude du thermomètre où le mercure est situé soit plus bas que cette boule. Deux flotteurs, dont l'un est en contact avec la colonne de mercure contenue dans l'embranchement supérieur du tube, et dont l'autre, totalement plongé dans l'alcool, se trouve dans la partie inférieure, font connaître, comme les deux cylindres d'émail et d'acier dont nous parlions tout-à-l'heure, les *maxima* et les *minima* de chaleur. Si l'alcool se dilate, il pousse le mercure dans le tube supérieur, et avec lui le flotteur qui reposait sur l'extrémité de la colonne ; mais cet index ne suit pas la marche rétrograde du liquide. Le flotteur plongé dans l'alcool se meut et s'arrête comme

le cylindre d'émail dans l'instrument de M. Rutherford. La séparation des deux thermomètres doit être, ce me semble, considérée comme une amélioration; c'est, du reste, la seule différence qu'on remarque entre l'instrument anglais et celui des académiciens de Florence.

M. Fortin, à qui j'avais confié la construction d'un instrument de ce genre pour l'Observatoire royal, l'a parfaitement exécuté. Sa marche, comparée à celle d'un thermomètre ordinaire à mercure, a présenté depuis plusieurs mois les résultats les plus satisfaisans.

---

## OBSERVATION *sur le Cuivre jaune.*

PAR M. CHAUDET,

Essayeur provisoire des Monnaies (1).

J'AI eu récemment occasion de faire une observation dont la publication ne peut manquer d'intéresser les arts puisqu'elle concourt à l'avancement de l'un d'eux. Voici le fait : L'un des propriétaires des fonderies de Romilly me remit il y a quelque temps un échantillon de cuivre jaune fabriqué dans cet établissement, ainsi que deux autres échantillons d'un alliage semblable, l'un ayant été pris dans le commerce, et l'autre provenant des fonderies de Stolberg. Le premier de ces échantillons, extrêmement ductile et très-estimé pour les ouvrages au mar-

---

(1) Ces observations nous ont été communiquées le 28 juillet.

teau, se travaillait difficilement au tour, était *gras* sous l'outil, et les copeaux s'en détachaient avec peine; tandis que les deux autres échantillons de cuivre jaune, jouissant d'un moindre degré de ductilité, étaient très-convenables pour les ouvrages tournés. Il me pria en conséquence de vouloir bien les examiner comparativement, et de lui indiquer le moyen à employer pour donner à ce premier cuivre jaune le degré de ductilité recherché par les tourneurs sur métaux.

Je soumis alors ces trois échantillons de cuivre jaune à l'analyse, et j'obtins les résultats suivans.

Cuivre jaune fabriqué à Romilly; sur cent parties :

| | |
|---|---|
| Cuivre, | 70,10; |
| Zinc, | 29,90; |
| Etain, | une trace. |
| | 100,00. |

Cuivre jaune du commerce, estimé pour les ouvrages au tour; sur cent parties :

| | |
|---|---|
| Cuivre, | 61,59; |
| Zinc, | 35,30; |
| Plomb, | 2,86; |
| Etain, | 0,25. |
| | 100,00. |

Cuivre jaune de Stolberg, estimé pour les ouvrages au tour; sur cent parties :

| | |
|---|---|
| Cuivre, | 65,80; |
| Zinc, | 31,80; |
| Plomb, | 2,15; |
| Etain, | 0,25. |
| | 100,00. |

La quantité de cuivre et de zinc variant dans ces trois échantillons de cuivre jaune, et les deux derniers, nonobstant cette variation, étant également estimés pour les ouvrages au tour, on ne pouvait point attribuer la propriété de ces derniers à cette différence : quant à la quantité d'étain, elle était trop faible pour influer sur les résultats; ainsi il ne restait aucun doute que c'était au plomb que le cuivre jaune du commerce et celui de Stolberg devaient le degré de ductilité recherché par les tourneurs en métaux; puisque c'était la seule différence véritablement sensible qui existât entr'eux et celui fabriqué à Romilly.

La synthèse a parfaitement confirmé ce fait; mais a présenté un phénomène qu'il est important de faire connaître; c'est qu'en général lorsqu'on fait ces alliages de toutes pièces, c'est-à-dire, en prenant chacun des métaux purs, il arrive que l'on obtient des alliages beaucoup plus durs que ne le comporte la quantité de deux parties et demie de plomb qui sont contenues, terme moyen, dans le cuivre jaune du commerce et celui de Stolberg; ce qui provient de la difficulté qu'a le plomb de s'allier au cuivre; et ce qui met dans la nécessité, pour rendre l'alliage parfait, de le refondre plusieurs fois, à moins de faire ces alliages avec du cuivre contenant, tout allié, le plomb nécessaire. Dans le cas contraire, on arriverait sans doute plus facilement au but en alliant d'avance le plomb au zinc, et en alliant ensuite cet alliage au cuivre.

## EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi* 7 *juillet* 1817.

M. DE SAINT-FAR, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, présente un instrument de trigonométrie appelé *alidographe* : une commisson l'examinera.

M. de Rossel lit des détails, qui lui ont été adressés par sir Joseph Banks, sur la tempête du 19 janvier dernier.

M. Girard continue la lecture de son Mémoire intitulé : *Observations sur la vallée d'Egypte et sur l'exhaussement séculaire du sol qui la recouvre.*

Ce Mémoire est divisé en cinq sections, dont nous allons présenter successivement l'analyse.

§ I^er^. *Description de la vallée d'Egypte dans son état actuel. — Variations annuelles du Nil.*

L'Egypte entière, depuis la dernière cataracte du Nil jusqu'à la pointe de Bourlos, qui forme le cap le plus septentrional, comprend en latitude un intervalle de *sept degrés et demi* et une superficie d'environ 2100000 hectares de terrain cultivable. Les débordemens périodiques du Nil sont la cause de la fertilité de l'Egypte. On sait aujourd'hui que ce phénomène est dû aux pluies qui tombent en Abyssinie, submergent pendant plusieurs mois de l'année un immense plateau, et se rendent ensuite dans le lit du Nil, qui, à son tour, les verse sur l'Egypte. La crue ne devient sensible au Caire, qu'au commencement de juillet ; vers le 15 août, elle est à-peu-près à la moitié de sa plus grande hauteur,

qu'elle atteint du 20 au 30 septembre. Après être restées stationnaires pendant environ quinze jours, les eaux descendent, mais plus lentement qu'elles n'étaient d'abord montées : elles se trouvent, le 10 novembre, à la moitié de la hauteur où elles s'étaient élevées, et baissent ainsi jusqu'au 20 mai de l'année suivante. Quand le Nil entre en Egypte, au moment de sa crue, ses eaux bourbeuses sont chargées de sable et de limon; elles ne deviennent parfaitement claires que lorsqu'elles rentrent dans le lit.

Les plus faibles crues sont d'environ 6$^{m}$,8; les plus fortes de 8 mètres; leur valeur moyenne est de 7$^{m}$,4.

Il existe un grand nombre de canaux qui, dérivés des différens points du Nil, sur l'une ou l'autre rive, en portent les eaux jusqu'au bord du désert. Des digues transversales que l'on voit se succéder de distance en distance sont destinées à arrêter les eaux du fleuve, et transforment ainsi l'espace compris dans la vallée entre la prise d'eau et la digue, en d'immenses étangs où le liquide s'élève jusqu'au niveau du Nil. Ces digues forment des espèces de chaussées qui, dirigées d'un village à l'autre, permettent aux habitans de communiquer entr'eux dans toutes les saisons de l'année.

### § II. *Volume des eaux du Nil. — Nivellemens transversaux dans la vallée. — Sondes du terrain.*

Le 7 germinal (27 mars 1799), un peu au-dessous de la ville de Manfalout, M. Girard trouva, pour la vitesse superficielle des eaux du Nil, 0$^{m}$,75 par seconde; ce qui suppose une vitesse moyenne de 0$^{m}$,60 environ. La largeur du fleuve, au niveau de l'eau, était de 678 mètres,

et sa section vive de 1129 mètres superficiels, lesquels, multipliés par $0^m,60$, donnent une dépense de 678 mètres cubes par seconde.

A Syout, où la vitesse superficielle était de $1^m,52$ le 31 mars 1799, ce qui suppose $1^m,21$ de vitesse moyenne, la largeur de la section moyenne, prise dans divers points du fleuve, fut trouvée de 562 mètres; ce qui donne, pour le volume des eaux, 679 mètres cubes par seconde, comme ci-dessus.

Les observations sur lesquelles se fondent les déterminations précédentes correspondent à l'époque des basses eaux. M. Girard trouve que le volume du Nil, dans son *maximum* d'accroissement, est *vingt fois* au moins plus considérable qu'au moment où la crue commence.

L'auteur fit faire, dans la plaine de Syout, à Qéné et Esné, un grand nombre de puits, dans la vue d'étudier la nature du sol. Il a reconnu ainsi que la surface de la haute Egypte est formée de limon noirâtre déposé par le Nil, et qui repose sur une couche plus ou moins épaisse de sable gris micacé, de la même nature que celui qu'on retrouve à *Philæ* et sur les bords de la mer, le long de la côte qui sépare les deux embouchures de Rosette et de Damiette.

§ III. *Connaissances et opinions des anciens sur le sol de l'Egypte, et sa formation. — Observations et opinions des modernes. — Questions élevées à ce sujet.*

Dans cette section, comme son titre l'annonce, M. Girard discute les passages des voyageurs qui se sont occupés de la formation du sol de l'Egypte, depuis Hérodote, qui rapporte ce que les prêtres égyptiens lui avaient ap-

pris, jusqu'à Dolomieu, qui fit connaître en 1793 les résultats des recherches approfondies qu'il avait entreprises à ce sujet.

§ IV. *Recherches et observations faites pour déterminer la quantité séculaire d'exhaussement du lit du Nil et du sol de l'Egypte.*

Pour résoudre la question à laquelle ce paragraphe est consacré, M. Girard compare la hauteur actuelle des crues prises aux nilomètres d'Eléphantine et de l'île de Roudah, à ce qu'elle était anciennement, et à des époques dont la date est connue par des inscriptions. Il trouve ainsi que le dépôt de limon exhausse le lit du fleuve de 126 millimètres par siècle, et que cette quantité représente aussi l'exhaussement moyen séculaire de la vallée. Il fortifie ensuite ce résultat par l'observation des attérissemens qu'on observe au pied de divers monumens remarquables, et en particulier à côté du colosse de Memnon, dont le piédestal porte à fleur de terre une inscription qui remonte au règne d'Antonin.

Toutes les villes d'Egypte étaient, comme on sait, bâties sur des monticules factices. Aussi leur sol, jusqu'à une certaine profondeur, se trouve-t-il composé de matières hétérogènes, tandis que la couche du limon du Nil, qui formait le terrain naturel sur lequel on fit primitivement ce remblai, a dû conserver son horizontalité, sa couleur et son homogénéité. Plusieurs tranchées pratiquées sur l'emplacement de l'ancienne ville de Thèbes montrèrent que le sol est composé de terres rapportées et de décombres jusqu'à *six mètres* au-dessous du niveau de la plaine actuelle; et qu'à cette profondeur on retrouve

le terrain d'alluvion formé d'une couche de limon du Nil parfaitement tranchée et horizontale. En partant du résultat qu'un exhaussement de 126 millimètres correspond à cent années, on trouverait que 6 mètres ont nécessité près de 4800 ans ; ce qui ferait remonter la formation du monticule artificiel sur lequel ont été bâtis les immenses monumens dont nous admirons aujourd'hui les restes, à 3000 ans environ avant notre ère.

§ V. *Des différentes causes dont l'action continuelle modifie l'aspect de la vallée d'Egypte. — Des changemens qu'il pourra subir dans la suite.*

Parmi ces causes, on doit principalement ranger les sables de la Libye, qui, poussés par les vents, très-fréquens dans cette contrée, de l'ouest et du nord-ouest, envahissent les terrains cultivables partout où ils ne sont pas arrêtés par certains arbrisseaux qui croissent près des canaux dérivés du Nil. Ces sables sont aussi jetés en partie dans le fleuve : comme ils ont une pesanteur spécifique considérable, ils se déposent dans les parties où la vitesse des eaux diminue, et donnent naissance à des bancs qui, recouverts ensuite de limon, sont livrés à la culture.

M. Girard décrit les effets des attérissemens qui ont oblitéré les branches canopique et pélusiaque du Nil, et rétréci considérablement le Delta : les branches qui ont remplacé les anciennes, celles de Rosette et de Damiette, forment, à leur tour, des attérissemens considérables près de leurs embouchures, et seront indubitablement remplacées un jour par des branches nouvelles qui sillonneront ainsi successivement la basse Egypte

dans différentes directions, modifieront considérablement l'étendue du Delta, mais sans altérer sensiblement sa forme. L'auteur termine son Mémoire par l'indication de la marche des sables qui couvrent la côte du Delta.

Un appendice, par M. Regnault, nous apprend que 100 parties du limon du Nil desséché au soleil contiennent :

11 d'eau ;
9 de carbone ;
6 d'oxide de fer ;
4 de silice ;
4 de carbonate de magnésie ;
18 de carbonate de chaux ;
48 d'alumine.

Total, 100 parties.

Les proportions de silice, dans le limon, varient suivant les lieux où on le prend.

Le limon du Nil est employé dans plusieurs arts : on en fait de la brique excellente et des vases de différentes formes ; il entre dans la fabrication des pipes ; les verriers l'emploient dans la construction de leurs fourneaux, et les habitans des campagnes en revêtent leurs maisons.

*Séance du lundi 21 juillet.*

Le Ministre de l'Intérieur adresse à l'Académie la confirmation donnée par le Roi à la nomination de M. Scarpa.

M. Moreau de Jonnès lit une Note *sur l'Araignée aviculaire des Antilles.*

MM. de Lamark, Cuvier et Bosc font un rapport sur l'ouvrage que M. Daudebard de Ferussac se propose de

publier, et qui a pour titre : *Histoire générale et particulière des mollusques terrestres et fluviatiles.*

Le manuscrit de l'ouvrage de M. de Ferussac n'est pas encore achevé; les parties que les commissaires ont examinées suffisent, disent-ils, « pour que nous puissions » assurer à l'Académie qu'il (l'ouvrage) sera, dans son » ensemble et dans ses détails, bien plus étendu et bien » plus parfait qu'aucun de ceux qui ont été publiés » jusqu'à ce jour sur les coquilles d'eau douce, soit vi- » vantes, soit fossiles, et qu'il est à desirer, pour les » progrès de la science, que ce naturaliste fasse jouir » promptement le public du résultat de ses recherches » et des faits nombreux et intéressans qu'il a recueillis. »

M. Poisson fait un rapport verbal sur la Thèse que M. Alfred Gauthier vient de soutenir, et qui renferme un *Essai historique* très-détaillé et fort bien fait sur *le problème des trois corps.*

M. Jomard continue la lecture de sa Dissertation *sur les mesures des anciens Egyptiens.*

(Nous ferons connaître ce travail dans le prochain Cahier.)

*Séance du lundi 28 juillet.*

M. le général Sauviac adresse plusieurs Mémoires *sur les saphirs bleus.* Des commissaires sont chargés de les examiner.

Un particulier, qui veut rester inconnu, propose de remettre, au jugement de l'Académie des Sciences, un prix de 3000 francs, à la personne qui inventera la machine et le procédé les plus simples, les plus efficaces et les moins dispendieux pour extraire du lin et du chanvre la plus

grande quantité et la meilleure qualité de la matière propre à la filature.

Une commission examinera cette proposition.

M. Thenard lit un rapport sur le Mémoire de M. Robiquet qui fait partie de ce Cahier. Les commissaires ont proposé de l'insérer dans les volumes des *Savans étrangers*.

On lit un Mémoire de M. Huzard fils *sur les Chevaux anglais*.

---

## Sur *la manière dont les Eaux des rivières se mêlent à celles de la mer.*

Le 19 de mai dernier, M. Stevenson, ingénieur civil, a lu, à la Société royale d'Edinburgh, un Mémoire destiné à faire connaître comment les eaux de la rivière *Dee* se mêlent à celles de la mer dans le port d'Aberdeen. Il a présenté aussi l'instrument particulier dont il s'est servi, et avec lequel on peut puiser à volonté, et sans aucun mélange, de l'eau de telle ou telle autre profondeur. Par ce moyen, il a trouvé, à une certaine distance de l'embouchure de la Dee, en remontant, que les couches inférieures du liquide, celles qui confinent au lit, sont très-chargées de muriate de soude, au même moment où, près de la surface, on ne découvre aucune trace de salure. L'eau de la marée forme donc une couche *particulière et distincte au-dessous* de celle de la rivière, qu'elle soulève, pour ainsi dire, *tout d'une pièce*. Le phénomène présente en outre ce fait curieux, que l'eau douce de la rivière,

malgré la marche contraire de l'eau salée, à la marée montante, n'en continue pas moins de couler avec une grande rapidité vers la mer.

Sur la Tamise, qui, à Londres, coule tantôt dans un sens et tantôt dans le sens opposé, M. Stevenson a reconnu, à l'aide du même instrument, que les eaux contiennent une proportion de sel d'autant plus grande qu'on se rapproche davantage de l'embouchure. A Woolwich, la salure est déjà assez sensible; mais, à Londres même, en face du *London Dock*, l'eau de la Tamise est douce dans toute sa profondeur, même à la marée montante. Un grand nombre d'observations de ce genre, faites depuis Londres et en remontant la Tamise jusqu'à Kew et Oxford, ont conduit M. Stevenson à l'opinion que les eaux de ce fleuve *changent rarement* (1); en sorte qu'a-

(1) Cette opinion, toute singulière qu'elle peut paraître, avait déjà été émise par Franklin dans une lettre qui fait partie du recueil de pièces détachées, publié à Londres en 1769. Dans cette lettre, en date de 1761 (page 469), l'auteur se propose d'examiner si l'on n'aurait pas quelque chose à opposer à l'opinion généralement admise *que toutes les rivières se rendent à la mer.* ( *That all rivers run into the sea.*) Pour quelques-unes, telles que la rivière des *Amazones*, l'*Orénoque*, le *Mississipi*, dont les eaux sont encore douces, en pleine mer, à une grande distance de l'embouchure, le fait ne peut pas être révoqué en doute; mais il n'en est pas de même, suivant lui, des rivières dont le lit est rempli d'eau salée jusque dans des parties fort éloignées de la mer, comme la *Tamise*, la *Delaware*, et toutes celles qui se déchargent dans la baie de *Chesapeak* en

près avoir été portées jusqu'à une certaine distance de l'embouchure par la pente naturelle du courant, elles sont refoulées en sens contraire à la marée montante, et ainsi de suite pendant une période indéfinie. Telle est,

---

Virginie. Si quelques rivières, dit-il, se rendent dans des lacs sans que cependant ceux-ci débordent jamais, c'est que les eaux se répandent alors sur une surface tellement grande que l'évaporation enlève journellement une masse de liquide à-peu-près égale à celle qui afflue; mais il est des fleuves qui, par l'étendue de leur cours et la largeur de leur embouchure, peuvent être assimilés à des lacs. Pour que la ressemblance fût parfaite, il suffirait qu'une digue arrêtât le cours des eaux et les empêchât de se rendre à la mer : on trouverait bien alors, suivant les saisons, quelques différences de niveau; mais on conçoit en général que, sous certaines circonstances, ces différences pourraient être renfermées dans des limites assez resserrées. Quoique la communication entre la rivière et la mer soit ouverte, on peut supposer que la digue dont nous venons de parler existe réellement dans la surface de jonction de l'eau douce et de l'eau salée. Seulement, dit Franklin, cette digue sera mobile; elle remontera d'un certain nombre de lieues à la marée montante, et redescendra ensuite : l'amplitude des excursions pourra varier avec le volume des eaux. Dans quelques cas, on devra aussi s'attendre à trouver que l'eau de la mer et celle de la rivière se mêlent, en se rencontrant, et dans une étendue plus ou moins considérable, par le double effet de leurs mouvemens et de la différence de pesanteurs spécifiques; mais, à une certaine distance de l'embouchure, l'eau douce, d'abord entraînée par le courant et refoulée ensuite par la marée, oscillera à-peu-près dans les mêmes limites et

suivant lui, sinon en totalité, du moins en partie, la cause de l'extrême douceur (*the extreme softness*) des eaux de la Tamise.

M. Stevenson, dont le Mémoire n'est pas encore publié, se propose d'étendre son travail aux principales rivières de la Grande-Bretagne.

---

## Nouveaux perfectionnemens *apportés par M.* Leslie *à ses expériences sur la congélation artificielle.*

(Traduit d'une lettre adressée par l'Auteur au Dr *Thomson.*)

A propos des expériences qui m'occupent maintenant, il me paraît convenable de donner de la publicité à l'observation que j'ai faite, que *la farine d'avoine légèrement torréfiée* absorbe l'humidité plus fortement encore que le *trap porphyrique* en décomposition. (*Voyez* Cahier de mars, t. IV, p. 333.) Trois quarts de livre de farine, étendus sur une surface de sept pouces en diamètre ont suffi pour faire geler près d'un quart de livre d'eau; le glaçon fut conservé dans l'appareil pendant vingt heures, et, après ce laps de temps, il ne s'en était encore fondu que la

---

sans jamais atteindre la mer. « L'ignorant imaginerait que » les eaux coulent et se perdent en partie sous quelque crevasse de la terre, tandis qu'en réalité c'est par l'air qu'elles » s'échappent. (*Whereas in truth it as run up into the* » *air.*) »

moitié. La température de l'appartement ayant été de $+ 10^{\circ}$ centigrades, la farine avait dû absorber $\frac{1}{18}$ de son poids d'humidité, et néanmoins son pouvoir desséchant n'avait été réduit que d'un tiers. Dans une seconde expérience faite avec cette même farine desséchée et ramassée sur un pouce de hauteur et un pied carré de surface, j'ai gelé une livre et un quart d'eau qui était contenue dans un vase hémisphérique et poreux; la chambre était plus chaude que dans le premier cas, et cependant la force absorbante de la farine conservait assez d'énergie pour maintenir l'eau à l'état de glace pendant un temps considérable. Lorsqu'on renversait les circonstances de l'expérience, en donnant à l'eau une surface double de celle de la farine, il était curieux de remarquer que celle-ci, aussitôt que l'air du récipient était raréfié, acquérait une chaleur qui excédait $10^{\circ}$ centigrades, et qui se sentait parfaitement lorsqu'on la touchait avec la main.

---

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hyg. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hyg. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hyg. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hyg. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 753,56 | +15,8 | 86 | 752,12 | +19,0 | 80 | 750,94 | +22,9 | 68 | 751,27 | +17,8 | 82 | +22,9 | +13,2 | Couvert. | S. S. E. |
| 2 | 756,24 | +18,1 | 62 | 757,[illegible]1 | +20,6 | 52 | 757,65 | +20,7 | 53 | 758,80 | +15,0 | 71 | +20,8 | +13,4 | Très-nuageux. | O. |
| 3 | 757,37 | +21,4 | 60 | 756,00 | +26,0 | 55 | 754,03 | +25,9 | 50 | 751,07 | +20,6 | 74 | +26,6 | +10,5 | Nuageux. | S. |
| 4 | 752,83 | +17,2 | 70 | 752,02 | +18,1 | 64 | 751,02 | +20,0 | 60 | 750,77 | +12,7 | 82 | +20,0 | +12,7 | Couvert. | S. O. |
| 5 | 750,47 | +16,9 | 62 | 750,58 | +18,0 | 59 | 750,98 | +18,1 | 70 | 753,69 | +13,2 | 84 | +18,1 | +11,0 | Couvert. | S. O. |
| 6 | 755,58 | +16,9 | 78 | 755,11 | +21,1 | 61 | 754,86 | +20,5 | 66 | 754,67 | +17,3 | 80 | +21,1 | +10,7 | Très-nuageux. | S. O. |
| 7 | 755,17 | +15,9 | 92 | 755,00 | +14,2 | 92 | 754,51 | +19,0 | 75 | 754,70 | +14,7 | 84 | +19,0 | +14,2 | Pluie fine. | O. |
| 8 | 757,03 | +17,0 | 60 | 756,82 | +19,0 | 56 | 756,23 | +[illegible]1,2 | 51 | 756,04 | +16,2 | 70 | +21,2 | +12,2 | Couvert. | S. O. |
| 9 | 755,36 | +20,1 | 60 | 754,56 | +23,0 | 49 | 754,20 | +23,1 | 51 | 753,83 | +18,5 | 69 | +24,2 | +13,2 | Très-nuageux. | S. |
| 10 | 75[illegible],20 | +24,0 | 61 | 753,00 | +27,6 | 58 | 752,47 | +27,9 | 53 | 752,58 | +19,7 | 84 | +28,5 | +16,0 | Nuageux | S. O. |
| 11 | 755,02 | +20,4 | 66 | 755,33 | +22,8 | 50 | 754,68 | +23,4 | 50 | 755,46 | +17,4 | 78 | +24,2 | +16,2 | Très-nuageux. | S. O. |
| 12 | 755,48 | +20,2 | 69 | 755,35 | +21,0 | 61 | 755,53 | +21,0 | 58 | 757,73 | +15,1 | 80 | +21,9 | +12,6 | Eclaircies. | O. |
| 13 | 759,44 | +19,9 | 72 | 758,92 | +21,5 | 65 | 758,04 | +19,2 | 67 | 756,64 | +15,7 | 82 | +21,5 | +13,5 | Très-nuageux. | O. |
| 14 | 754,65 | +17,5 | 64 | 753,56 | +16,2 | 69 | 752,13 | +13,7 | 91 | 751,69 | +12,5 | 90 | +19,9 | +12,5 | Gouttes d'eau. | S. O. |
| 15 | 743,78 | +14,5 | 85 | 742,41 | +15,5 | 91 | 741,94 | +13,5 | 88 | 741,09 | +12,0 | 88 | +15,5 | +12,0 | Pluie continuelle. | S. O. |
| 16 | 747,92 | +12,2 | 82 | 749,61 | +16,2 | 60 | 751,00 | +17,0 | 54 | 753,75 | +12,0 | 81 | +17,0 | +10,7 | Très-nuageux. | N. O. |
| 17 | 756,00 | +16,5 | 66 | 756,27 | +17,7 | 59 | 757,41 | +18,5 | 55 | 756,05 | +13,5 | 79 | +18,5 | + 9,0 | Très-nuageux. | O. S. O. |
| 18 | 752,23 | +18,2 | 74 | 752,35 | +18,1 | 76 | 75[illegible],77 | +17,1 | 71 | 755,68 | +13,7 | 80 | +18,2 | +12,5 | Pluie. | O. |
| 19 | 756,97 | +19,1 | 72 | 756,81 | +18,7 | 67 | 756,93 | +18,5 | 61 | 758,29 | +12,5 | 84 | +19,1 | + 9,2 | Eclaircies. | O. S. O. |
| 20 | 759,15 | +17,5 | 61 | 759,27 | +20,4 | 55 | 759,36 | +20,4 | 51 | 759,65 | +15,0 | 79 | +20,4 | +11,5 | Très-nuageux. | O. |
| 21 | 759,13 | +22,4 | 59 | 758,68 | +23,2 | 57 | 757,61 | +23,7 | 56 | 756,81 | +17,5 | 70 | +23,8 | +13,2 | Quelques nuages. | S. |
| 22 | 755,11 | +23,7 | 64 | 755,08 | +26,5 | 57 | 754,80 | +25,6 | 56 | 755,87 | +18,0 | 69 | +26,5 | +12,9 | Nuageux. | O. |
| 23 | 756,83 | +15,5 | 84 | 756,83 | +20,0 | 69 | 757,71 | +16,7 | 69 | 758,92 | +14,4 | | +20,0 | +12,4 | Très-nuageux. | O. |
| 24 | 760,39 | +19,2 | 70 | 760,18 | +19,7 | 64 | 760,18 | +21,6 | 54 | 760,49 | +15,8 | 71 | +22,0 | +11,0 | Nuageux. | O. |
| 25 | 760,98 | +21,9 | 65 | 760,17 | +21,1 | 60 | 75[illegible],69 | +23,8 | 56 | 760,00 | +19,2 | 70 | +24,1 | +14,2 | Nuageux. | S. S. O. |
| 26 | 758,38 | +24,4 | 67 | 756,59 | +26,9 | 60 | 754,85 | +27,2 | 51 | 752,90 | +21,2 | 72 | +27,3 | +14,0 | Eclaircies. | S. O. |
| 27 | 753,22 | +18,9 | 62 | 753,60 | +20,1 | 53 | 753,71 | +21,4 | 59 | 756,00 | +15,6 | 83 | +21,4 | +14,0 | Très-nuageux. | O. |
| 28 | 75[illegible],42 | +17,7 | 61 | 759,57 | +19,0 | 63 | 759,22 | +20,5 | 55 | 760,22 | +15,7 | 70 | +20,5 | +11,5 | Très-nuageux. | O. S. O. |
| 29 | 761,04 | +22,2 | 59 | 760,18 | +21,9 | 59 | 758,64 | +22,5 | 54 | 756,68 | +17,5 | 77 | +22,5 | + 9,7 | Nuageux. | S. S. O. |
| 30 | 754,77 | +21,5 | 63 | 754,11 | +25,2 | 54 | 753,33 | +25,2 | 50 | 754,73 | +16,2 | 84 | +25,2 | +13,9 | Couvert. | S. O. |
| 31 | 755,70 | +17,2 | 68 | 755,41 | +18,5 | 62 | 754,12 | +20,0 | 61 | 754,20 | +13,7 | 84 | +20,0 | +12,0 | Très-nuageux. | S. S. O. |
| 1 | 754,68 | +18,3 | 69 | 754,24 | +20,7 | 63 | 753,69 | +21,9 | 60 | 753,74 | +16,6 | 78 | +22,2 | +12,7 | Moyennes du 1 au 10. | |
| 2 | 755,06 | +17,6 | 72 | 753,99 | +18,8 | 65 | 754,08 | +18,2 | 65 | 754,69 | +14,0 | 82 | +19,6 | +12,0 | Moyennes du 11 au 20. | |
| 3 | 757,73 | +20,4 | 66 | 757,31 | +22,3 | 60 | 756,71 | +22,6 | 56 | 756,98 | +16,8 | 75 | +23,0 | +12,6 | Moyennes du 21 au 31. | |
| | 755,56 | +18,8 | 69 | 755,25 | +20,6 | 63 | 754,88 | +20,9 | 60 | 755,17 | +15,8 | 78 | +21,7 | +12,4 | Moyennes du mois | +17,1. |

# ANALYSE

## *De l'Orge avant et après sa germination, et conséquences économiques qui en résultent.*

PAR M. PROUST.

L'ORGE a toujours passé pour donner un pain lourd, difficile à digérer et très-inférieur en tout à ceux du froment ou du seigle; on a même été jusqu'à regarder comme malheureux les gens de la campagne que la misère réduisait à n'avoir que du pain d'orge à manger.

Il paraît qu'à Rome on n'en avait pas une meilleure idée; car on lit, dans *Plutarque,* que les généraux faisaient donner de l'orge, en place de froment, aux soldats qui s'étaient comportés lâchement dans un jour de combat.

*Grossier comme pain d'orge*, est aussi un proverbe qui justifie le reproche qu'on a toujours fait à ce grain. Il y a donc enfin dans l'orge quelque chose qui diminue, ou qui peut-être ne partage pas les qualités nourrissantes du principe amidoné, que d'ailleurs il contient bien certainement. L'analyse pouvant seule nous éclairer sur cette question, je commençai, dans l'année 1802, quelques recherches dont le résultat ne sera pas, je crois, sans utilité pour la connaissance des substances alimentaires.

On les jugera très-incomplètes sans doute, et en voici la raison : il n'y a point en chimie de travail où l'on ne soit arrêté par des difficultés qu'on ne saurait franchir du premier coup, et dont l'ajournement devient, par cela même, indispensable.

Je trouve, par exemple, du sucre dans la batate de Malaga, dans la silique du caroubier de Valence (en Espagne) : je vois ou crois apercevoir, dans la farine de sarrasin, le miel altéré par un mélange de matières âcres et salines que je ne connais pas d'abord; il faut donc garder alors tous ces sucs un certain temps, ou concentrés ou dissous dans l'alcool, afin de donner aux produits qu'on soupçonne la facilité de se ressaisir des formes qui peuvent aider à en fixer le caractère : il en est ainsi d'une multitude d'autres résultats. J'ai vu tous ceux que j'annonce une première fois; je n'ai pas été à même de les voir une seconde, le destin n'ayant pas voulu que je revinse à mes premières occupations; mais j'aurai soin de montrer les doutes qui me seraient restés sur chaque chose, afin qu'on l'examine de nouveau, afin qu'on puisse la déterminer plus sûrement que je n'ai pu le faire. Revenons à l'orge.

### *Résine.*

L'alcool extrait de la farine d'orge une teinture jaune, résineuse, que j'ai aussi trouvée dans celles de froment et de maïs; cette résine desséchée reste poisseuse; l'eau n'a pas d'action sur elle. On la retrouve encore dans ces grains après qu'ils ont germé. J'ai jugé qu'elle faisait environ le centième du poids de ces différentes farines.

### *Gomme et Sucre.*

Le lavage fait à l'eau froide de la farine d'orge, donne, après sa concentration, un extrait jaune, sucré, légèrement âcre, que l'alcool décompose facilement. Il en sépare quatre parties d'une sorte de gomme, et en retient

en dissolution cinq, d'un produit mielleux, dont il conviendra de caractériser le sucre. Durant l'évaporation du lavage il se dépose aussi environ trois centièmes de lambeaux qui m'ont paru n'être que de la glutine. De celle-ci, il en restera même encore quelque chose dans le produit gommeux. Tout cela enfin, dans la proportion d'environ douze centièmes; ce qui est justement aussi la perte que fait la farine de froment par son lavage. M. Sage avait déjà vu ces divers résultats; il les caractérise clairement dans l'*Analyse des Bleds*, qu'il fit imprimer en 1776.

*Produit nouveau.*

Mais ce qui pourra nous surprendre maintenant, c'est l'énorme quantité d'une poudre aride, grossière ou ligneuse, qui se confond avec l'amidon dans la farine d'orge. On l'entrevoit déjà quand on lave une pâte de cette farine, comme s'il s'agissait d'en tirer de la glutine. Cette dernière ne s'y trouve point; mais les doigts rencontrent, à sa place, je ne sais quoi de rude, de sableux, qui n'est autre chose, en effet, que le produit dont nous voulons parler. Ce produit ou cette poudre, je l'avais nommée en espagnol *cevadina*, du mot *cevada*, qui est le nom de l'orge en cette langue. Traduisant à présent de l'espagnol en français, je trouve que celui d'*hordeïne*, tiré de l'*hordeum* des Latins, est celui qui la désignera le mieux. Voyons actuellement ce que c'est que l'hordeine.

Elle n'est point soluble dans l'eau. D'après cela, on la sépare de l'amidon en faisant bouillir, pendant quelques instans, les quatre-vingt-huit centièmes de résidu que le

quintal de farine d'orge laisse après son lavage, et l'on obtient, par ce moyen, de 54 à 56 centièmes d'une poudre jaune, grenue au toucher, qu'on prendrait volontiers pour une sciure de bois.

Pour mieux faire ressortir à présent toute la différence que cette espèce de poudre met entre la farine d'orge et celle du froment, je vais donner ici un tableau, non pas très-rigoureux, mais suffisamment approximatif de leur composition. Par exemple, la farine de froment fournit au quintal :

| | |
|---|---|
| Résine jaune, | 1 |
| Extrait gommeux et sucré, | 12 |
| Glutine, | 12,5 |
| Amidon, | 74,5. |
| | 100. |

Voici maintenant ce qu'on tire de la farine d'orge :

| | |
|---|---|
| Résine jaune, | 1 |
| Extrait gommeux et sucré, | 9 |
| Glutine, | 3 |
| Amidon, | 32 |
| L'hordeïne, | 55. |
| | 100. |

Ainsi, l'amidon, considéré comme base de l'aliment que nous fournissent les céréales, se trouve mêlé dans l'orge avec une quantité surprenante d'une substance sèche, pulvérulente, et dont l'apect est tout-à-fait ligneux. C'est donc par conséquent à l'excès de ce produit, autant

qu'au manque de glutine, qu'il faut attribuer toute l'infériorité du pain d'orge. Et d'où proviendrait-elle en effet cette infériorité, puisque d'ailleurs l'amidon, la gomme, le sucre et la glutine de l'orge ne diffèrent point, dans leurs attributs, de ces mêmes produits empruntés du froment? A la vérité, quand l'hordeïne est accompagnée, comme elle l'est dans l'orge, d'amidon, de gomme, de sucre et de glutine, on peut croire que la digestion en tire quelque chose de plus nourrissant qu'elle n'en tirerait sans doute, si on nous la présentait seule et comme un simple aliment. Puis d'ailleurs, les réactions de l'appareil digestif sont en général si puissantes, si énergiques, tant chez l'homme que chez les grands animaux, que nous les voyons se nourrir, au besoin, d'une multitude de substances végétales infiniment plus compactes, plus inertes, en apparence, plus difficiles à se laisser ramollir enfin, que l'hordeïne, fût-elle même une sciure de bois toute pure. Tels sont, comme on le sait, l'écorce des pins, du bouleau, les racines de quelques fougères et beaucoup d'autres produits ligneux, dont, au rapport des voyageurs, quelques peuplades septentrionales savent composer une sorte de pain. Quoi qu'il en soit, au reste, l'hordeïne, que nous retrouverons dans d'autres céréales, entre aussi, bien qu'en petite quantité, mais elle y entre enfin, dans le pain qu'on mange à Paris.

De quelle nature est donc cette substance? Nous allons répondre que son analyse ne montre rien qui la distingue de tous ces tissus ligneux dont l'azote ne fait pas ou presque pas partie. A la distillation, par exemple, c'est vingt centièmes de résidu charbonneux, le vinaigre, l'huile et les gaz qui en retiennent une partie, mais au-

eune apparence d'ammoniaque. L'acide nitrique la dissout; il en forme de l'acide oxalique, du vinaigre; après quoi, paraît un soupçon de ce jaune amer qui rappelle toujours un peu d'azote. Passons maintenant aux effets de la germination sur l'orge.

*Germination de l'orge.*

Ce grain y perd considérablement de son poids; car il faut de 145 à 150 grains d'orge germée pour faire la tare de 100 grains d'orge ordinaire.

Quant au rapport de ses composans, la germination, qui n'est, au fait, qu'une végétation commencée, augmente les uns, diminue les autres, et change considérablement la nature du principe amidoné; mais un tableau comparatif des deux orges, l'une germée et l'autre non, nous fera mieux concevoir toute l'étendue de ces changemens.

Par exemple, l'orge non germée, ou sa farine nous a donné :

| | | |
|---|---|---|
| Résine jaune, | 1 | 100. |
| Gomme, | 4 | |
| Sucre, | 5 | |
| Glutine, | 3 | |
| Amidon, | 32 | |
| Hordeïne, | 55 | |

Voici maintenant les produits de cent parties de farine d'orge germée :

| | | |
|---|---|---|
| Résine, | 1 | 100. |
| Gomme, | 15 | |
| Sucre, | 15 | |
| Glutine, | 1 | |
| Amidon, | 56 | |
| Hordeïne, | 12 | |

Commençons, d'abord, par faire remarquer, qu'il faudrait une quantité beaucoup plus considérable d'orge germée pour se procurer un quintal de sa farine, que d'orge non germée, pour avoir un même poids de la farine de cette dernière. C'est par conséquent une chose à laquelle il faudrait avoir égard si l'on s'avisait de vouloir comparer, terme à terme, tous les produits du même genre dans l'augmentation ou dans la diminution qu'ils pourraient avoir éprouvées par les effets de la germination. J'aurais dû chercher, en effet, quel poids d'orge ordinaire et d'orge germée il faudrait pour avoir un quintal de l'une et de l'autre farine. Retournons maintenant aux résultats de la germination.

1°. La gomme qui n'était que de quatre centièmes dans l'orge ordinaire, est de quatorze à quinze dans le grain germé.

2°. Le sucre, de son côté, s'élève de cinq à quatorze ou quinze.

3°. La glutine a diminué.

4°. L'amidon, qui n'est que de trente-deux centièmes dans l'orge ordinaire, se trouve, chose bien étonnante, de 55 à 56 centièmes dans l'orge germée. Cette exubérance, car c'en est une bien remarquable, tient-elle à l'altération particulière que l'amidon a éprouvée, et dont nous parlerons tout-à-l'heure? Je n'en sais rien. Ce qu'il y a de certain, c'est que, comme on ne peut pas raisonnablement présumer que la germination produise ou crée de l'amidon dans la graine qu'on lui soumet, tout au contraire même, j'en inférerai qu'il sera bien essentiel de répéter cette expérience, afin d'éclaircir ce qu'il y aura de réel, ce qu'il y aura d'illusoire dans ce singulier

résultat ; que s'il était réel, il en faudrait conclure une découverte du plus grand intérêt, savoir : la diminution de l'hordeïne, qui nuit, d'une part, infiniment aux qualités du pain d'orge, et de l'autre, l'augmentation du principe amidonné qui, rétablissant jusqu'à un certain point l'égalité, le rapprocherait, par cela même, du pain de froment. Quant à l'altération de l'amidon dont il va être question tout-à-l'heure, le succès qu'on a obtenu en faisant de très-bon pain avec du froment dont l'amidon avait essuyé le même changement. (*Voyez* mon Mémoire antérieur.) Ce succès, dis-je, garantirait aussi, je pense, la panification de l'orge germée.

Et pour l'hordeïne enfin, descendue de 55 à 12 par la germination, qu'est-elle devenue ? Se serait-elle transformée en amidon ? Que de recherches n'exigeraient pas ces questions ! Laissons-les, pour rentrer dans la route que nous avons commencé à suivre.

### *Altération de l'Amidon.*

Que la germination soit en elle-même un procédé qui augmente les parties gommeuses et sucrées dans l'orge comme dans les autres céréales, c'est une chose qu'on savait déjà, non pas analytiquement peut-être, mais tout au moins par la dégustation, qui découvre en effet un accroissement notable de produit sucré dans la séve de tout grain germé. Mais ce qu'on n'avait point encore aperçu, je crois, c'est ce changement de l'amidon, dont j'hésiterais peut-être à parler aujourd'hui si l'examen que j'ai eu lieu de faire du blé germé, dans ces derniers temps, ne m'avait pas laissé convaincu que la germination l'opère aussi sur l'amidon du froment.

Pour bien juger actuellement de cette singulière altération, tant sur l'amidon du froment que sur celui de l'orge, je vais rapporter ici deux expériences décisives.

1°. Par exemple, on fait dissoudre, dans quatre onces d'eau bouillante, deux gros de farine d'orge ordinaire, mais préalablement lavée à froid, afin d'en séparer tout ce qui est ou gomme, ou sucre, ou enfin extractif. Il résulte de cette dissolution une colle, un empois laiteux, consistant, que rien ne distingue sensiblement d'une colle de farine de froment.

2°. On répète cette expérience avec deux gros de farine d'orge germée et préalablement lavée aussi, afin d'en écarter tout ce qui est gomme, sucre ou extractif; mais ici, au lieu de colle ou d'empois, on obtient une dissolution transparente tant qu'elle est chaude, légèrement laiteuse quand elle est refroidie, qui ne se coagule point comme l'empois; au contraire, elle reste liquide; sa saveur est doucereuse, et elle ne prend pas même de consistance par la concentration, si ce n'est celle d'un extrait gommeux, transparent, et auquel enfin la colle de farine d'orge non germée ne ressemble nullement; mais telles sont aussi les qualités de la farine du froment germé, qui, comme je l'ai dit ailleurs, ne donne plus ni colle ni bouillie, quoiqu'il soit toujours possible d'en faire du pain. Ainsi, la solubilité que l'amidon acquiert par la germination est un changement particulier qui ne dépend nullement du mélange des produits gommeux, sucrés ou extractifs, comme on aurait pû le penser.

Assurément, si la germination n'affectait le principe amidonné d'aucune sorte de changement, le moût de bière alors ne serait plus qu'une dissolution de quinze cen-

tièmes de sucre, d'autant de gomme, le tout étendu dans l'énorme quantité de colle ou d'empois que peuvent fournir cinquante-cinq centièmes d'amidon. Tandis qu'au contraire, ce même moût est un suc coloré, très-liquide, doux, et remarquable surtout par ce goût moelleux, légèrement parfumé, qui est précisément celui d'une bière à laquelle on n'a encore mêlé ni houblon ni ferment.

## *Fermentation de la bière.*

Cette fermentation n'est point comparable à celle du moût de raisin. Dans celle-ci, par exemple, la production de l'alcool est l'effet principal, et celle de l'acide carbonique n'y est qu'accessoire; mais, dans la fermentation de la bière, c'est tout l'opposé. La formation de l'acide carbonique en est le produit principal, tandis que celle de l'alcool n'y est que pour très-peu de chose. Une expérience bien simple démontre cela. Placez sur la même ligne deux bouteilles, l'une de vin et l'autre de bière, débouchez-les et gardez-les ainsi pendant vingt-quatre heures. Voici maintenant quel en sera le résultat : c'est que la bouteille de vin, après avoir perdu de l'acide carbonique, si le vin était tant soit peu mousseux, ce qui ne lui est point essentiel, cette bouteille, dis-je, conservant tout son alcool, sera toujours du vin; quant à celle de bière, au contraire, la dissipation du gaz carbonique sera pour elle une perte capitale; et ce qui lui restera d'alcool ne l'empêchera point d'avoir dégénéré, au point de n'être plus qu'une boisson vapide, indigeste, destituée, en un mot, de tout ce qui fait le mérite de la bière. Le défaut de spiritueux n'est pas sans doute un inconvénient; car nous n'y cherchons qu'une boisson qui

désaltère, mais excitante pourtant; une liqueur piquante, mousseuse, enivrante même à la rigueur, puisque c'est aussi une des propriétés de l'acide carbonique condensé dans les eaux naturelles ou artificielles.

Des trois substances qui composent la bière, savoir : la gomme, l'amidon modifié et le sucre, ce dernier est bien évidemment le principe sur lequel s'établit la fermentation de cette liqueur, puisqu'en effet la gomme et l'amidon n'en sont pas susceptibles; mais le sucre n'y étant qu'en très-petite quantité, l'alcool, d'après cela, ne peut donc s'y trouver que dans une très-faible proportion. Voilà pourquoi on ne tire de la bière que des atomes de spiritueux par la distillation. M. Sage en avait déjà fait l'observation, et l'expérience me l'a aussi confirmé. Envisagée sous cet aspect, la bière devient alors une liqueur susceptible d'un certain nombre d'applications, tant dans la médecine des hôpitaux que dans celle des pauvres, auxquelles on n'a peut-être pas fait attention. Je vais en retracer quelques-unes.

Les eaux saturées d'acide carbonique sont médicinales, ou elles ne le sont pas; si elles le sont, leur prix est toujours hors de la portée du pauvre : cependant, si on étend un verre de bière mousseuse dans un ou deux verres d'eau fraîche, voilà deux ou trois verres d'eau acidulée, qui coûtera si peu, qu'il n'y a, je pense, aucune objection contre son emploi dans les hôpitaux et chez les pauvres; et combien alors une pareille boisson ne serait-elle pas préférable aux fades et insipides tisanes, toujours si rebutantes pour l'homme déjà dégoûté de tout quand il souffre ? S'il s'agit de lui ordonner ce qu'on appelle une *boisson d'orge*, pourquoi ne lui offrirait-on pas plutôt

celle qu'on tire à si peu de frais et si promptement de la farine d'orge germée, puisqu'elle réunit à elle seule tout l'avantage des boissons délayantes, mucilagineuses et éminemment diurétiques? Puisqu'en un mot, un verre de bière fraîche, pure, ou allongée de telle quantité d'eau qu'on voudra, fournit extemporanément ce que le médecin cherche à rassembler dans un régime humectant.

Mais n'avons-nous pas, dira-t-on, la simple tisane d'orge que le pauvre se procure partout à si peu de frais? Pas autant qu'on le pense, répondrai-je, et encore avec bien moins d'utilité médicinale qu'on ne croit. Au reste, intérrogeons l'expérience.

Mille grains en poids d'orge choisie, ce qui fait à-peu-près une poignée, mille grains, cuits assez longuement dans une chopine d'eau qu'on avait soin de renouveler, ont fourni douze grains d'un extrait salin, acide, tout soluble dans l'alcool et d'une saveur de sel terreux, extrêmement désagréable; pas même un soupçon de mucilage. Je ne connais ni ces sels, ni cet acide, que je conservais pour les examiner à loisir. Qu'a donc maintenant de recommandable aux yeux du médecin un centième, un atome de matière saline, que rien de doux, rien de muqueux ne tempère dans son âcreté?

Mais c'est, dira-t-on encore, la seconde décoction d'orge qu'on veut, afin qu'elle puisse tirer du grain gonflé et crevé des principes que son écorce ne peut fournir. Soit; mais la seconde décoction n'a produit que trente grains d'un extrait un peu gommeux, il est vrai, mais tout aussi âcre que le premier; et comment cela? Au prix de beaucoup de temps et passablement de combustible.

Ainsi, dans les hôpitaux où l'on a, tous les jours, des tonnes de tisane à préparer, la dépense d'orge est considérable, sans pourtant offrir rien d'utile, si ce n'est pour les poules; et cela, quand on ne dédaigne pas de leur jeter l'orge cuite. Je conclûrai de ces réflexions qu'on ne tardera point à substituer l'orge germée à l'orge ordinaire, ou bien alors l'empire de la routine continuerait à subjuguer celui de la raison.

### *La Levure.*

Le mouvement fermentatif expulse dès les premiers momens toute l'hordeïne qui se trouve nageante et confondue dans le moût de la bière : c'est elle qui donne à la levure cet aspect grenu, gélatineux et tremblant qu'elle porte quand elle a été suffisamment égouttée; mais une portion d'amidon également rejetée par la fermentation s'y trouve aussi.

La levure lavée à froid et desséchée se divise de nouveau dans l'eau froide comme une simple poussière : à peine est-elle mouillée, qu'une odeur d'amidon aigri s'en développe et met sur la voie d'en reconnaître la nature.

L'eau bouillante semble la dissoudre en entier, et il en résulte une colle sans viscosité; ce qui est le caractère de l'amidon modifié, comme nous l'avons dit, par la germination; mais il s'en sépare alors une poudre gélatineuse qui n'est que l'hordeïne, que le travail du brassage avait fait passer dans le moût.

Si on garde sous l'eau de la levure lavée, chacune de ces deux substances reprend ses caractères. L'amidon blanchit, se met à part et forme des couches qui tranchent nettement avec celle de l'hordeïne.

La levure lavée et séchée conserve toujours une odeur particulière, et elle ne perd point cette imprégnation qui la met dans le cas de provoquer des fermentations étrangères. Je délayai environ une once de cette levure ainsi lavée dans un flacon de quatre pintes d'eau, sucrée à douze degrés de l'aréomètre de Beaumé, et le lendemain il était en pleine fermentation; tandis que sans cet auxiliaire, l'eau sucrée n'eût produit, après beaucoup de temps, qu'une sorte de vinaigre mêlé d'une gomme de nouvelle formation.

Le vin qui en résulta était très-spiritueux, mais gâté par un arrière-goût d'amidon fort désagréable. Quant aux deux élémens de notre levure, ils étaient au fond du vin, chacun sous leur aspect ordinaire de poudre d'hordeïne et d'amidon.

La levure enfin remplace le levain, et entre, comme on sait, dans la composition du pain de Paris.

Revenons encore un moment à l'usage de l'orge dans la tisane des hôpitaux; le temps est arrivé, je pense, où les médecins, éclairés par le résultat de ces comparaisons, ne peuvent balancer à vouloir quelque chose de plus agréable à la bouche et à l'estomac des malades, que des boissons qui ne renferment que des substances irritantes, heureusement sans effet, parce qu'elles sont presque toujours noyées dans un déluge d'eau bouillie.

Caen, ce 10 juin 1817.

---

# Application *du Calcul des Probabilités, aux opérations géodésiques.*

Par M. Laplace.

Lu à l'Académie des Sciences le 4 août 1817.

On détermine la longueur d'un grand arc à la surface de la terre, par une chaîne de triangles qui s'appuient sur une base mesurée avec exactitude. Mais quelque précision que l'on apporte dans la mesure des angles, leurs erreurs inévitables peuvent, en s'accumulant, écarter sensiblement de la vérité la valeur de l'arc que l'on a conclu d'un grand nombre de triangles. On ne connaît donc qu'imparfaitement cette valeur, si l'on ne peut pas assigner la probabilité que son erreur est comprise dans des limites données. Le desir d'étendre l'application du calcul des probabilités à la philosophie naturelle, m'a fait rechercher les formules propres à cet objet.

Cette application consiste à tirer des observations les résultats les plus probables, et à déterminer la probabilité des erreurs dont ils sont toujours susceptibles. Lorsque ces résultats étant connus à-peu-près, on veut les corriger par un grand nombre d'observations; le problème se réduit à déterminer la probabilité des valeurs d'une ou de plusieurs fonctions linéaires des erreurs partielles des observations, la loi de probabilité de ces erreurs étant supposée connue. J'ai donné, dans ma *Théorie analytique des Probabilités*, une méthode et des formules générales pour cet objet, et je les ai appliquées à quelques points intéressans du système du monde, dans la

*Connaissance des Temps de* 1818, et dans un supplément à l'ouvrage que je viens de citer. Dans les questions d'astronomie, chaque observation fournit pour corriger les élémens, une équation de condition : lorsque ces équations sont très-multipliées, mes formules donnent à-la-fois les corrections les plus avantageuses, et la probabilité que les erreurs, après ces corrections, seront contenues dans des limites assignées, quelle que soit d'ailleurs la loi de probabilité des erreurs de chaque observation. Il est d'autant plus nécessaire de se rendre indépendant de cette loi, que les lois les plus simples sont toujours infiniment peu probables, vu le nombre infini de celles qui peuvent exister dans la nature; mais la loi inconnue que suivent les observations dont on fait usage introduit dans les formules une indéterminée qui ne permettrait point de les réduire en nombres si l'on ne parvenait pas à l'éliminer. C'est ce que j'ai fait au moyen de la somme des carrés des restes lorsqu'on a substitué, dans chaque équation de condition, les corrections les plus probables. Les questions géodésiques n'offrant point de semblables équations, il a fallu chercher un autre moyen d'éliminer des formules de probabilité, l'indéterminée dépendante de la loi de probabilité des erreurs de chaque opération partielle. La quantité dont la somme des angles de chaque triangle observé surpasse deux angles droits, plus l'excès sphérique, m'a fourni ce moyen; et j'ai remplacé par la somme des carrés de ces quantités la somme des carrés des restes des équations de condition. Par-là, je puis déterminer numériquement la probabilité que l'erreur du résultat final d'une longue suite d'opérations géodésiques n'excède pas une quantité donnée.

Il sera facile d'appliquer ces formules à la partie de notre méridienne, qui s'étend depuis la base de Perpignan jusqu'à l'île de Formentera ; ce qui est d'autant plus utile, qu'aucune base de vérification n'ayant été mesurée vers la partie sud de cette méridienne, l'exactitude de cette partie repose en entier sur la précision avec laquelle les angles des triangles ont été mesurés.

Une perpendiculaire à la méridienne de France va bientôt être mesurée de Strasbourg à Brest. Ces formules feront apprécier les erreurs, non-seulement de l'arc total, mais encore de la différence en longitude de ses points extrêmes, conclue de la chaîne des triangles qui les unissent, et des azimuts du premier et du dernier côté de cette chaîne. Si l'on diminue autant qu'il est possible le nombre des triangles, et si l'on donne une grande précision à la mesure de leurs angles, deux avantages que procure l'emploi du cercle répétiteur et des réverbères ; ce moyen d'avoir la différence en longitude des points extrêmes de la perpendiculaire, sera l'un des meilleurs dont on puisse faire usage.

Pour s'assurer de l'exactitude d'un grand arc qui s'appuie sur une base mesurée vers une de ses extrémités, on mesure une seconde base vers l'autre extrémité, et l'on conclut de l'une de ces deux bases, la longueur de l'autre. Si la longueur ainsi calculée s'écarte très-peu de l'observation, il y a tout lieu de croire que la chaîne des triangles est exacte à fort peu près, ainsi que la valeur du grand arc qui en résulte. On corrige ensuite cette valeur en modifiant les angles des triangles, de manière que les bases calculées s'accordent avec les bases mesurées ; ce qui peut se faire d'une infinité de manières. Celles que

l'on a jusqu'à présent employées sont fondées sur des considérations vagues et incertaines. Les méthodes que j'ai données dans ma *Théorie analytique des Probabilités*, conduisent à des formules très-simples pour avoir directement la correction de l'arc total, qui résulte des mesures de plusieurs bases. Ces mesures ont non-seulement l'avantage de corriger l'arc, mais encore d'augmenter ce que j'ai nommé le *poids* des erreurs, c'est-à-dire, de rendre la probabilité des erreurs plus rapidement décroissante; en sorte que les mêmes erreurs deviennent moins probables par la multiplicité des bases. J'expose ici les lois de probabilité des erreurs de l'arc total, que fait naître l'addition de nouvelles bases. Avant que l'on apportât, dans les observations et dans les calculs, l'exactitude que l'on exige maintenant, on considérait les côtés des triangles géodésiques comme rectilignes, et l'on supposait la somme de leurs angles égale à deux angles droits. Ensuite on corrigeait les angles observés, en retranchant de chacun d'eux le tiers de la quantité dont la somme des trois angles observés surpassait deux angles droits. M. Legendre a remarqué le premier, que les deux erreurs que l'on commet ainsi, se compensent mutuellement; c'est-à-dire qu'en retranchant de chaque angle d'un triangle le tiers de l'excès sphérique, on peut négliger la courbure de ses côtés, et les regarder comme rectilignes. Mais l'excès des trois angles observés sur deux angles droits, se compose de l'excès sphérique et de la somme des erreurs de la mesure de chacun des angles. L'analyse des probabilités fait voir que l'on doit encore retrancher de chaque angle le tiers de cette somme, pour avoir la loi de probabilité des erreurs des résultats, le plus

rapidement décroissante. Ainsi, par la répartition égale de l'erreur de la somme observée des trois angles du triangle considéré comme rectiligne, on corrige à-la-fois l'excès sphérique et les erreurs des observations. Le poids des erreurs des angles ainsi corrigés augmente; en sorte que les mêmes erreurs deviennent, par cette correction, moins probables. Il y a donc de l'avantage à observer les trois angles de chaque triangle, et à les corriger, comme on vient de le dire. Le simple bon sens fait reconnaître cet avantage; mais le calcul des probabilités peut seul l'apprécier, et faire voir que, par cette correction, il devient le plus grand possible.

Pour appliquer avec succès les formules de probabilités aux observations, il faut rapporter fidèlement toutes celles que l'on admettrait si elles étaient isolées, et n'en rejeter aucune, par la considération qu'elle s'éloigne un peu des autres. Chaque angle doit être uniquement déterminé par ses mesures, sans égard aux deux autres angles du triangle auquel il appartient: autrement, l'erreur de la somme des trois angles ne serait plus le simple résultat des observations, comme les formules de probabilité le supposent. Cette remarque me semble très-importante pour démêler la vérité au milieu des légères incertitudes que les observations présentent.

J'ose espérer que ces recherches intéresseront les Géomètres dans un moment où l'on s'occupe à mesurer les diverses contrées de l'Europe, et où le Roi vient d'ordonner l'exécution d'une nouvelle carte de la France, en y faisant concourir pour les détails, les opérations du cadastre qui par-là deviendra meilleur et plus utile encore. Ainsi, la grandeur et la courbure de la surface de

l'Europe seront connues dans tous les sens ; et notre méridienne étendue au nord jusqu'au parallèle des îles Shetland, par sa jonction avec les opérations géodésiques faites en Angleterre, et se terminant, au sud, à l'île de Formentera, embrassera près du quart de la distance du pôle à l'équateur.

---

# MÉMOIRE

## *Sur l'Asphyxie, considérée dans les Batraciens.*

Par M. Edwards, Docteur en Médecine.

L'importance de la respiration est un des premiers faits connus en physiologie, et l'un des derniers que l'on ait étudié avec fruit. L'homme n'a pas tardé à savoir que l'air était nécessaire à son existence ; mais lorsqu'il eut la curiosité d'apprendre comment ce fluide y contribuait, il fut arrêté pendant des siècles. La solution de cette question dépendait en grande partie d'une autre science qui n'a fourni cette lumière que dans des temps très-rapprochés de nous.

Avant que la chimie eût contribué à éclairer ce point intéressant de la physiologie, un célèbre médecin exposa à l'Académie des Sciences des principes qu'il publia ensuite dans un *Manuel sur le traitement des asphyxiés*, qui, sous le rapport de la théorie, contenait ce que les connaissances du temps pouvaient offrir, et, sous le rapport de la thérapeutique, ce que le temps a confirmé.

Lorsque Priessley eut découvert le gaz oxigène, et sa

propriété de convertir le sang noir en sang rouge, et que Lavoisier eut jeté les fondemens de la nouvelle théorie chimique, Goodwin en fit l'application à la doctrine de l'asphyxie, et fit voir, par des expériences faites avec exactitude et combinées avec art, que l'exclusion de l'air, en empêchant la conversion du sang noir en sang rouge, causait la mort des animaux asphyxiés. Bichat reprit cet objet, et, sous le titre de *Recherches sur la vie et sur la mort*, fit un Traité sur l'asphyxie. Il vit une grande partie de son sujet, et, par une belle suite d'expériences, chercha à déterminer le triple rapport du système nerveux et de ceux de la circulation et de la respiration. Il en conclut que le sang veineux, en pénétrant le cerveau, fait cesser ses fonctions, et qu'ensuite le cœur, comme l'*ultimùm moriens*, cessait d'agir par la même cause.

Legallois traita aussi de l'asphyxie dans l'ouvrage qu'il intitula : *Recherches sur le principe de la vie*, et fit voir que le sang veineux, en agissant sur la moelle épinière, faisait cesser les mouvemens du cœur.

Il est à remarquer que ces physiologistes firent leurs expériences presqu'exclusivement sur les animaux à sang chaud. Cependant les phénomènes qu'offrent les animaux à sang froid méritaient une attention particulière. Spallanzani s'en était occupé dans ses *Recherches sur les rapports de l'air avec les êtres organisés*; ouvrage aussi remarquable par le nombre que par l'importance des faits. Les altérations que l'air éprouve de la plupart des organes susceptibles de le modifier étaient son objet principal, et les rapports entre les trois grandes fonctions sur lesquels Bichat et Legallois ont tant insisté, avaient peu

fixé son attention ; mais la physiologie n'avait pas fait les progrès qui ont signalé l'époque qui a succédé à ce célèbre physicien et naturaliste, et la chimie n'avait pas encore perfectionné ses procédés pour l'analyse des gaz. Aussi un des savans qui ont contribué le plus efficacement à ce perfectionnement a-t-il coopéré à un travail sur la respiration des poissons qui ne laisse rien à desirer sous ce rapport.

Les phénomènes que présentent les animaux à sang froid sont si extraordinaires, qu'ils semblent ne pouvoir être rapprochés de ceux que nous offrent les autres animaux vertébrés. On ne les croirait pas même unis entr'eux par un lien commun, si une étude approfondie de la nature ne faisait toujours découvrir l'uniformité de ses lois.

C'est pour déterminer, s'il m'est possible, ce qu'il y a de général et de particulier dans les phénomènes d'asphyxie que l'on peut observer chez les animaux vertébrés, et pour en faire ensuite l'application à l'homme, que j'ai entrepris ces recherches. L'asphyxie, considérée dans la famille des batraciens, est le sujet du Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. La dépendance moins intime qui existe entre les principales fonctions de ces animaux permet d'apercevoir plus facilement leurs relations mutuelles, ainsi que leurs rapports avec les principaux agens extérieurs qui influent sur leur vie.

Avant d'étudier les phénomèmes de l'asphyxie et leur dépendance mutuelle, on doit rechercher si le milieu dans lequel elle a lieu n'a pas une autre action que celle qui a rapport aux poumons. Parmi ces milieux, il n'en est point dont il nous importe plus d'apprécier l'influence

que l'air et l'eau. Or, les singulières modifications de la vie des reptiles nous en fournissent les moyens. On sait qu'ils sont doués de cette étonnante propriété, qu'après l'excision du cœur, ils vivent pendant un temps considérable avec le libre usage des sens et des mouvemens volontaires. Par l'excision du cœur, la circulation du sang est supprimée. Je n'examinerai pas ici s'il subsiste quelqu'oscillation de ce fluide, un court espace de temps après cette opération; il me suffit que la circulation proprement dite cesse par ce moyen. Remarquons d'ailleurs que, par l'excision du cœur, le sang s'écoule en grande partie, et que ce qui en reste peut être regardé comme une portion intégrante des organes.

Mais l'anéantissement de la circulation entraîne nécessairement celui de la respiration. Il ne subsiste alors que l'action des systèmes nerveux et musculaire, qu'on ne peut isoler, puisqu'on ne juge de l'action des nerfs que par les mouvemens que les muscles exécutent, au moins dans les expériences sur les animaux. C'est en réduisant ces animaux à cet état de simplicité de fonction qu'on peut résoudre la question que je me suis proposée.

Si après avoir excisé le cœur à des reptiles, en ayant soin d'enlever aussi le bulbe de l'aorte, on en met un égal nombre dans l'air et dans l'eau non aérés, la différence, s'il en existe, des durées de la vie donnera, dans ces deux circonstances, celle de l'influence respective des milieux sur le système nerveux et musculaire, indépendamment de leur influence sur la circulation et la respiration : c'est ce que j'ai exécuté sur des salamandres des grenouilles et des crapauds.

J'excisai le cœur à quatre salamandres crêtées (*S. triton*),

avec la précaution d'enlever le bulbe de l'aorte; j'en exposai deux dans l'air, et je plongeai les deux autres dans l'eau non aérée, à la même température, sous une cloche renversée dans une cuvette, avec de l'eau également non aérée. Dans l'une et l'autre circonstance, elles étaient très-vivaces pendant long-temps; mais leur activité diminua ensuite et ne se manifesta plus que par des mouvemens à d'assez longs intervalles. Au bout de quatre à cinq heures, les salamandres dans l'eau paraissaient mortes; mais on s'assura qu'elles existaient en les remuant ou en les pinçant sans les exposer à l'air; précaution absolument nécessaire. L'une mourut au bout de huit, et l'autre de neuf heures. Les salamandres qui étaient dans l'air vécurent, au contraire, de vingt-quatre à vingt-six heures; différence considérable en faveur de l'action de l'air, mais qui avait besoin d'être constatée par d'autres expériences. Je les répétai donc avec les mêmes précautions sur six autres salamandres, et j'obtins des résultats analogues. Les salamandres qui étaient sous l'eau vécurent de sept à huit heures, et présentèrent les mêmes phénomènes que les précédentes; tandis que celles qui étaient exposées à l'air prolongèrent leur existence jusqu'à vingt-quatre ou vingt-neuf heures. Ces différenees tranchées et comparatives ne pouvant dépendre que de la différence des milieux, il en résulte ce fait, que l'air comparé à l'eau est beaucoup plus propre à entretenir l'action du système nerveux de ces animaux, et que ce fluide a une action vivifiante sur leur économie indépendamment de son influence par l'intermède de la circulation du sang et de la respiration.

Il importait de faire une pareille recherche sur les gre-

nouilles. Je fis l'excision du cœur et du bulbe de l'aorte sur douze grenouilles (*R. esculenta*, *R. temporaria.*) (1), dont je plaçai six dans l'eau non aérée et six dans l'air. Après cette opération, elles sautèrent avec une vivacité extraordinaire qui dura quelque temps. Celles qui étaient dans l'eau non aérée vécurent deux heures, et les grenouilles exposées à l'air vécurent une heure de plus. Il est à remarquer que le décroissement des mouvemens jusqu'à leur cessation, malgré les moyens d'excitation dont j'ai parlé, est bien plus rapide dans l'eau que dans l'air. Je répétai ce genre d'expériences un assez grand nombre de fois pour constater le fait. La même expérience réussit également sur les crapauds, et d'une manière comparative pour la durée.

La différence de l'action de ces deux milieux sur le système nerveux et musculaire des batraciens devient encore plus évidente par l'expérience suivante. Lorsqu'on a excisé le cœur à une grenouille et qu'on l'a mise dans l'eau non aérée, si on attend le moment où elle a cessé de se mouvoir et qu'elle ne donne plus de signe de vie, quoiqu'on l'excite en l'agitant et en la pinçant, dès qu'on l'a retirée de l'eau elle commence à se ranimer et se met en mouvement. Cette action de l'air est subite si l'on ne tarde pas trop à y exposer l'animal. L'inverse a également lieu avec la même promptitude. Lorsque l'animal est revenu, si on le replonge dans l'eau, toute apparence de vie cesse à l'instant, et l'on peut continuer de même, à plusieurs reprises, à le ranimer et le faire périr en l'exposant alternativement à l'action de l'air et de l'eau. Si cette

(1) Les autres expériences ont été faites sur les mêmes espèces de salamandres et de grenouilles.

expérience met dans tout son jour l'influence vivifiante de l'air indépendamment de son rôle dans la circulation et la respiration, elle rend également évidente l'action délétère de l'eau privée de ce fluide.

Il était intéressant de déterminer si le même effet aurait lieu avec de l'eau aérée; car, s'il se reproduisait dans cette circonstance, ce serait une nouvelle preuve de l'action pernicieuse de l'eau; action dont la connaissance importe beaucoup dans l'asphyxie par submersion. En effet, ces expériences donnent le même résultat, avec cette différence que la durée de la vie est plus grande dans l'eau aérée que dans celle qui ne l'est pas. Je n'indiquerai pas ici les circonstances les plus favorables à la manifestation de cette action de l'air, et celles qui en font varier les résultats; ce sera l'objet d'un autre Mémoire. Dans celui-ci, je considère les effets d'une manière absolue, afin de pouvoir suivre la liaison des faits principaux. C'est, je crois, à cette action délétère de l'eau que l'on doit rapporter un fait intéressant que M. Dumeril a bien voulu me communiquer. Il a trouvé, dans une glacière près de Sceaux, des grenouilles qui y vivaient à l'air, et qui moururent dès qu'il les eût mises dans l'eau. Je n'ai pas eu occasion de faire des expériences sur ces animaux singuliers; mais lorsque je serai à même de m'en procurer, je chercherai quelles sont les autres causes qui peuvent influer sur leur mort.

Cette influence de l'air et de l'eau qui résulte des expériences précédentes se reproduira souvent dans la suite, et l'on sait déjà que non-seulement elle doit s'associer aux effets de l'asphyxie dans ces deux milieux, mais qu'elle ne peut manquer de se faire sentir dans le retour

à la vie après la submersion, et à la suite de tout autre genre d'asphyxie.

Je ne me permettrai pas d'étendre mes conclusions au-delà de la famille à laquelle je me suis borné dans ce Mémoire; mais je crois devoir indiquer, en attendant que je l'établisse par des preuves directes, que l'homme est sujet à la même influence, et qu'il en résulte des considérations importantes pour l'hygiène et pour la médecine.

Jusqu'ici nous nous sommes occupés d'expériences qui préparent à l'étude de l'asphyxie, et qui fournissent des élémens indispensables pour apprécier ce qui se passe dans cet état.

Comment diffère-t-il de celui où se trouvent les animaux dans les expériences précédentes? Ils y étaient réduits à ne vivre que par le système nerveux et musculaire; dans l'asphyxie, deux fonctions au moins s'exercent à-la-fois, l'action de ce système réuni à la circulation du sang qui n'est plus en contact avec l'air extérieur dans les organes de la respiration.

On connaît le changement de couleur qu'éprouve le sang des reptiles par l'exclusion de l'air, et celui qui résulte du retour de ce fluide. Goodwin a constaté qu'il est analogue à celui qui a lieu chez les animaux à sang chaud. J'ai eu souvent occasion de vérifier cette observation, et je n'insisterai pas davantage sur ce sujet. Je remarquerai seulement que ce changement est prompt et sensible; mais comme des nuances de couleur sont sujettes à être diversement appréciées, qu'il ne peut y avoir de point certain de départ, je compterai toujours l'asphyxie à commencer du moment où l'air extérieur est

exclus des organes de la respiration, sauf à examiner, dans la suite, les modifications qui peuvent résulter de la quantité d'air qui reste dans les poumons. Pour abréger, et pour me servir d'expressions reçues en parlant du sang qui n'est plus en contact avec l'air dans les organes de la respiration, je le désignerai par le terme de *sang noir* ou de *sang veineux*, du moment où l'asphyxie commence, c'est-à-dire, aussitôt que l'air est exclus; me réservant, dans la suite, d'examiner les altérations qui en résultent, à différentes époques, dans la couleur et la nature du sang.

La première question qui se présente dans l'étude de l'asphyxie est de savoir, en faisant abstraction du milieu, quelle est l'influence de la circulation du sang noir sur le système nerveux et musculaire. La solution de cette question dépend de la détermination, 1° de la durée de la vie qui s'exerce sous l'influence unique du système nerveux et musculaire; 2° de la durée de celle qui résulte de la combinaison de cette action avec la circulation du sang noir. La différence des temps, dans les deux cas, fera connaître l'influence qu'exerce sur le système nerveux la circulation générale du sang à l'abri du contact de l'air.

On voit qu'il n'y a que cette manière qui soit rigoureuse de traiter cette question, et qu'il importe beaucoup de la résoudre. C'est ce que j'essayai de faire de la manière suivante : j'excisai le cœur à des grenouilles qui furent mises sous un récipient dans de l'eau privée d'air par l'ébullition; j'en laissai un égal nombre intactes, que je renfermai également sous un récipient dans de l'eau non aérée. La différence, dans ces deux cas, a été quelquefois de plus de vingt heures, et elle a toujours été si tranchée

dans les expériences multipliées que j'ai faites, que je n'insisterai pas davantage sur ce point. J'ai obtenu des résultats analogues avec les crapauds et les salamandres.

Si l'air contenu dans les poumons laissait quelques doutes sur la simplicité des résultats, je remarquerai qu'on obtient des effets sensiblement analogues, soit en expulsant l'air des poumons par la pression des parties correspondantes du corps de ces animaux plongés sous l'eau, soit en excisant les poumons.

L'influence du sang à l'abri de l'action de l'air est donc favorable à l'action du système nerveux et musculaire, puisqu'il la prolonge; mais ces deux fonctions, réunies dans l'asphyxie par submersion, ne fournissent qu'une existence éphémère.

En appliquant ici un fait établi par le résultat de la première série d'expériences, nous pouvons présumer que l'eau qui exerce une action nuisible sur le système nerveux doit empêcher que la circulation du sang veineux prolonge autant l'action du système nerveux et musculaire, qu'il le ferait dans un autre milieu moins nuisible à cette fonction. Si, par exemple, on asphyxiait ces animaux dans l'air, la vie devrait y être plus prolongée que dans l'eau : c'est ce qui a lieu en effet.

Je strangulai six grenouilles en assujettissant très-fortement avec une ficelle autour de leur col un morceau de vessie que j'appliquai très-exactement sur leur tête, de manière à en exclure l'air.

La strangulation était si forte, qu'elle seule devait entièrement intercepter le passage de l'air. Dans les premiers momens; les grenouilles furent paralysées; mais elles reprirent peu à peu leurs forces au bout de quelques

minutes, sans cependant les recouvrer entièrement pendant le cours de l'expérience. Je mis un pareil nombre de grenouilles dans l'eau, mais elles furent mortes au bout de dix à douze heures; tandis que celles qui étaient strangulées vécurent d'un à cinq jours. Une d'elles était même parfaitement en vie au bout de ce temps, lorsqu'elles s'échappa sans que je pusse la retrouver. Je fis des expériences analogues sur les salamandres; la paralysie eut lieu également: elle diminua ensuite; mais ces animaux eurent toujours, pendant le cours de l'expérience, les mouvemens extrêmement lents, et les pattes antérieures ne tardèrent pas à devenir percluses. Afin de prolonger autant que possible la vie de ces animaux, j'entretenais leur corps dans un état d'humidité. Les salamandres qui étaient comparativement dans l'eau vécurent de dix à douze heures, tandis que celles qui étaient strangulées prolongèrent leur existence beaucoup au-delà. Une d'elles vécut même onze jours; elle était alors très-vivante, mais la tête était en gangrène : je m'en servis pour faire des recherches analogues à cette intéressante expérience de M. Duméril, où une salamandre vécut long-temps après l'amputation de la tête et la formation d'une parfaite cicatrice au col, qui devait intercepter le passage de l'air dans les poumons; mais ce genre d'expériences, quoiqu'il ait rapport à celles que je viens d'exposer, étant compliqué d'une grande lésion du système nerveux, doit être considéré dans l'occasion où j'examinerai l'influence de la section de la moelle épinière sur les phénomènes de l'asphyxie. En réfléchissant à la différence de l'asphyxie par submersion avec la strangulation dans l'air, on voit qu'elle est quelquefois si démesurée, qu'il faut croire, ou

que ces animaux peuvent vivre un grand nombre de jours sans autre action de l'air que son influence sur le système nerveux, ou que ce fluide agit sur le sang à travers la peau.

Spalanzani a conclu de ces expériences très-variées à ce sujet, que lorsque la peau de ces animaux est en contact avec l'air, il y a production d'acide carbonique; mais, dans les expériences qu'il a faites à cet égard, il y avait une circonstance qui pouvait être une source d'erreurs. Il opéra sur des batraciens dont il avait excisé les poumons. Dans ce cas, le sang de la plaie, en contact avec l'air, devait nécessairement produire de l'acide carbonique, et d'autant plus que la section des vaisseaux pulmonaires fournit une hémorrhagie considérable. M. Chevillot et moi, nous avons cherché à parer à cet inconvénient, de la manière suivante.

Nous avons mis dans des vases, avec de l'air atmosphérique, des grenouilles dont la tête était enveloppée dans de la vessie, et fortement assujettie autour du col, comme dans l'expérience précédente, de manière à ce que la strangulation interceptât le passage de l'air. Nous les retirâmes vivantes au bout d'une heure ou deux, et ayant examiné l'air de la cloche qui avait été en contact avec la peau de la grenouille, nous reconnûmes une quantité notable d'acide carbonique.

Nous déterminâmes de la même manière la présence de l'acide carbonique dans l'air, en contact avec la peau des salamandres.

Qu'il me suffise, en cette occasion, d'avoir constaté que, lorsque l'air atmosphérique est en contact avec la peau de ces animaux, on y trouve de l'acide carbonique,

soit qu'il résulte de l'exhalation, soit que l'oxigène concoure en tout ou en partie à sa formation. Je m'arrête ici sur ce point, et je renverrai l'examen de toutes les questions que ce sujet peut faire naître, à l'époque où je présenterai en détail les changemens chimiques que ces organes font éprouver à l'air.

Il suit des expériences que j'ai rapportées sur la strangulation des reptiles dans l'air, que le temps considérable qu'ils peuvent vivre dans cet état doit être rapporté à une action de l'air sur la peau, dont j'examinerai la nature dans la suite.

Je ne chercherai pas à constater ici l'action des autres gaz: mon but, dans ce Mémoire, est de déterminer l'influence du sang noir à l'abri de tout agent extérieur capable d'y produire des changemens chimiques, ou d'agir sensiblement sur le système nerveux. Le moyen d'y parvenir serait peut-être de renfermer ces animaux dans des corps solides: si ces substances n'avaient pas d'action nuisible sur le système nerveux, il est à présumer que l'asphyxie serait plus prolongée que dans l'eau. Cette idée rappelle la fameuse expérience de Hérissant, qui, entreprise pour juger de la probabilité de quelques faits qui pouvaient passer pour fabuleux, devint presqu'aussi problématique elle-même. On sait qu'en 1777 il renferma, dans des boîtes scellées dans du plâtre, trois crapauds, qui furent déposées à l'Académie des sciences. On ouvrit les boîtes dix-huit mois après, en présence de quelques membres de cette illustre compagnie. Un de ces crapauds était mort; les deux autres vivaient. Personne ne pouvait douter de l'authenticité du fait; mais l'expérience fut exposée aux mêmes objections que les observations auxquelles elles devaient

servir de terme de comparaison. Ces observations se rapportaient à des crapauds qu'on avait trouvés vivans dans de vieux murs où ils avaient été scellés pendant des années, dans des blocs de charbon de terre, et même dans des pierres où ils avaient peut-être vécu pendant un temps incalculable. On a objecté que, dans l'un et dans l'autre cas, il y avait probablement quelque trou ou quelque crevasse par lesquels l'air s'insinuait, ou qui livrait passage aux animaux; mais cette objection ne me paraît pas valable quant à l'expérience de Hérissant : l'accès de l'air par une ouverture visible ne pouvait guère échapper à un aussi bon observateur. C'est cependant une chose remarquable que les circonstances de l'expérience aient été complètement passées sous silence; ni les dimensions, ni la substance de la boîte n'ont été indiquées, ni l'épaisseur du plâtre qui les recouvrait; et c'est particulièrement le défaut de précision dans la détermination des circonstances où se trouvèrent les animaux quand on les a découverts dans des corps solides, qui rend problématiques les conclusions qu'on en tire. Aussi un savant naturaliste (1) qui, dans ses voyages, a beaucoup enrichi l'histoire des batraciens, appuyé d'ailleurs de quelques expériences, a-t-il douté de ce résultat. J'observerai, à l'égard de l'expérience de Hérissant, qu'il paraît qu'il y avait de l'air dans les boîtes où les crapauds étaient renfermés; ce qui ne s'accorde pas avec le but que je me suis proposé dans ce Mémoire. Mon intention étant d'étudier l'asphyxie dans les corps solides,

---

(1) *Dictionnaire d'Histoire naturelle*; chez Déterville, article *Crapaud*, par M. Bosc.

je ne devais pas y laisser d'air. Cette modification est importante et change la nature de l'expérience.

Le 24 février 1817, je fis sur quinze crapauds communs les expériences suivantes : je pris d'abord cinq boîtes de bois blanc, dont trois avaient 4 pouces cubes ; les deux autres 4 ½ de long sur 4 de large, et 2 ½ de profondeur ; je mis du plâtre gâché au fond des boîtes jusque vers le milieu ; j'y plaçai ensuite le crapaud, que je contins d'une main pour l'empêcher de quitter sa situation au centre ; je le couvris ensuite de plâtre dont je remplis les boîtes, qui furent fermées et ficelées.

Je me servis ensuite de cinq boîtes circulaires de carton, ayant 3 pouces et demi de diamètre et 2 pouces de profondeur. J'y enterrai cinq autres crapauds avec les mêmes précautions ; j'égalisai le plâtre par-dessus, et j'eus bien soin de ne point y laisser de fissure ; j'y adaptai ensuite les couvercles. En même temps je mis les cinq autres crapauds dans de l'eau, pour comparer la durée de ce genre d'asphyxie avec celui qui pouvait avoir lieu dans le plâtre.

Le même jour, à minuit, tous les crapauds que j'avais mis dans l'eau étaient morts, c'est-à-dire, huit heures après le commencement de l'asphyxie. Le lendemain, à quatre heures du soir, j'ouvris une des boîtes de carton ; je détachai avec précaution une partie du plâtre, et l'animal, quoiqu'engagé presqu'entièrement dans cette substance, exécuta des mouvemens et se mit à coasser. Ainsi, seize heures après la mort des crapauds dans l'eau, celui qui était enfermé dans du plâtre était encore très-vivace ; mais comme il n'avait pas atteint la limite à laquelle ces animaux peuvent parvenir dans l'asphyxie par l'eau, je

remplis l'ouverture avec du plâtre gâché, ayant soin d'en accumuler plusieurs lignes au-dessus du niveau précédent. Je l'abandonnai ensuite avec les autres, et ne l'ouvris que le 15 mars suivant, et le trouvai parfaitement en vie le dix-neuvième jour, à dater du commencement de l'expérience. Je laissai les autres pour les examiner dans un temps plus éloigné.

Cette expérience, souvent répétée dans des *circonstances convenables*, m'a constamment donné une durée de la vie bien plus grande que dans l'asphyxie par l'eau. Ces circonstances seront développées dans une autre occasion. Il importe ici d'établir le fait principal dégagé de toutes ses modifications. Je me livrai au même genre d'expériences sur les salamandres. Le 6 mars, je mis, dans des boîtes de carton de même dimension que les précédentes, six salamandres crêtées que j'environnai de plâtre avec les mêmes précautions que j'ai décrites plus haut. J'en ouvris une le 25 avril suivant, et je la trouvai vivante, mais amaigrie, après avoir été enfouie dans le plâtre l'espace de dix-neuf jours. Les salamandres mises dans l'eau périrent dès le premier. Les autres salamandres restèrent dans le plâtre, pour être examinées à une autre époque.

Je répétai ce genre d'expérience sur les mêmes animaux, et je trouvai que, dans les circonstances convenables, leur existence dans le plâtre était beaucoup plus prolongée que dans l'eau. Je constatai ce même fait sur les grenouilles, avec cette différence qu'elles y vivent moins long-temps; mais les limites que ces animaux peuvent atteindre dans cet état n'est pas ce qu'il s'agit d'abord d'établir. Il suffit de déterminer qu'ils peuvent exister un plus grand nombre

de jours, enterrés dans des corps solides. C'est un des faits les plus extraordinaires que puisse fournir l'histoire des reptiles. Il paraît une exception à la nécessité de l'air, que l'on regarde comme indispensable à la vie de tous les animaux, et semble rompre la chaîne qui les unissait sous un des rapports les plus intéressans de la vie. Il paraît plus extraordinaire encore en comparant la durée de la vie de ces animaux, lorsque les uns sont exposés à l'air et d'autres enfouis dans des corps solides. J'ai exposé quatre grenouilles à l'air dans un bocal sec; j'en ai mis en même temps un pareil nombre dans du sable que j'avais eu soin de dessécher convenablement, et de laisser refroidir ensuite jusqu'à ce qu'il prît la température de l'atmosphère. Je les retirai toutes les vingt-quatre heures, afin de m'assurer si elles étaient encore en vie. Le troisième jour, toutes celles qui étaient à l'air étaient mortes, à l'exception d'une seule; tandis que toutes celles qui étaient enfouies dans le sable, à l'exception d'une, étaient encore parfaitement vivantes:

Il en est de même des salamandres, mais à un plus haut degré; car elles vivent également peu dans l'air sec, et leur existence dans le plâtre est beaucoup plus prolongée que celle des grenouilles. Il semblerait donc devoir résulter des expériences précédentes que non-seulement la vie des reptiles peut se continuer long-temps lorsqu'on les soustrait à l'air en les enterrant dans des corps solides, mais que c'est encore un moyen de la prolonger. Ce qui viendrait à l'appui de ces récits merveilleux, mais attestés par des personnes dignes de foi, qui nous apprennent que des animaux de cette famille ont vécu dans des corps solides, à l'abri de l'air, pendant des temps incalculables.

Mais des faits de cette nature, qui tiennent du prodige et qui sont une exception aux autres faits connus, méritent l'attention la plus scrupuleuse et le plus mûr examen. Que le sable contient de l'air, est un fait évident; mais il est remarquable qu'il en contienne assez pour l'entretien de la vie de ces animaux. Il est extrêmement probable que s'ils ne devaient y vivre qu'aux dépens de celui qu'ils pourraient y respirer par les poumons, ils auraient de la peine à y exister. Nous avons vu plus haut que le contact de l'air sur la peau sert à entretenir la vie lorsqu'il est en quantité suffisante; mais il ne paraissait nullement probable que la porosité du plâtre pût admettre assez d'air, et en permettre assez tôt le renouvellement pour que ces animaux fussent en état d'y vivre par ce moyen. Cependant des recherches exactes étaient nécessaires pour ne laisser aucun doute à cet égard; c'est pourquoi je fis les expériences suivantes: je pris un tube ouvert de 5 pouces de long et de 5 ou 6 lignes de diamètre: j'en bouchai une extrémité avec du plâtre gâché, dans l'étendue d'environ un pouce, en ayant soin de le recouvrir en-dehors. Je le laissai sécher, et mis encore du plâtre par-dessus pour boucher les ouvertures imperceptibles qui pourraient s'y trouver. Lorsque le tout fut convenablement sec, je remplis le tube de mercure; je le renversai dans ce liquide, et je ne tardai pas à voir l'air y pénétrer et faire descendre le mercure; j'avais choisi exprès des tubes très-courts, afin que l'effet n'eût pas lieu très-facilement. Cette expérience, répétée plusieurs fois, eut toujours le même résultat: il était donc évident que l'air entrait librement dans le plâtre.

Je pris des boîtes de carton remplies de plâtre, et telles

que je les ai décrites plus haut; je les plaçai dans l'eau, et après les y avoir laissées quelque temps, je les retirai; les ayant ouvertes, je trouvai le plâtre humide intérieurement dans toute son étendue; je fis la même expérience sous le mercure avec des résultats analogues. Il aurait pu se faire cependant que la quantité d'air qui pénètre dans le plâtre fût insuffisante pour entretenir la vie de ces animaux: c'est pourquoi j'enfermai des grenouilles, des salamandres et des crapauds dans du plâtre, comme dans les expériences précédentes, et je plaçai les uns sous l'eau, les autres sous le mercure, pour intercepter l'air; mais je n'eus plus le résultat que j'avais obtenu précédemment. Ces animaux ne vivaient guère plus long-temps que dans l'eau. Dans vingt expériences sur ces différentes espèces, j'ai constamment eu le même résultat.

Il suit donc de ces nouvelles recherches, que les faits résultans de mes premières expériences sur les animaux vivans dans des corps solides qui paraissaient de singulières exceptions à la nécessité de l'air pour l'entretien de la vie se concilient parfaitement avec elle.

Mais il reste à savoir comment la vie de ces animaux peut avoir une plus grande durée, soit dans le sable, soit dans le plâtre, que dans l'air.

La solution de cette question dépend de l'observation des phénomènes qu'ils présentent dans l'un et l'autre cas, jusqu'à leur mort.

Les grenouilles et les salamandres maigrissent rapidement à l'air et se dessèchent; à mesure qu'elles maigrissent, leurs mouvemens deviennent plus difficiles : elles se meuvent cependant jusqu'à ce qu'elles soient dans un tel état de dessiccation qu'elles ressemblent à des momies; lors-

qu'elles n'ont plus sensiblement de fluide, elles meurent.

J'ai ouvert les boîtes de bois blanc et de carton contenant des crapauds et des salamandres, dont je me servis dans les premières expériences de ce genre que j'ai rapportées plus haut. Ces ouvertures ont été faites dans les mois d'avril, de mai et de juin, c'est-à-dire, dans l'espace de six semaines à deux mois et demi, à dater du commencement de ces expériences. Je trouvai tous ces animaux morts et dans un état de dessiccation complète. Je fis la même observation sur les grenouilles qui étaient mortes dans le sable. J'en conclus que ces animaux, dans l'un et dans l'autre cas, mouraient probablement par la même cause, c'est-à-dire, par la perte de fluide causée par la transpiration; perte qui n'était point réparée, et je présumai que la transpiration devait être moins grande dans le plâtre que dans l'air.

C'est ce que je vérifiai par les expériences suivantes sur vingt-quatre grenouilles. Les unes furent exposées à l'air dans des vases secs; les autres furent enterrées dans du sable desséché, et refroidi à la température de l'air. Je les renfermai dans des vases dont l'ouverture fut couverte avec de la vessie ou du papier qu'on assujettit avec de la ficelle. Ces animaux furent gardés dans le même endroit. J'en pesai comparativement un certain nombre à différens intervalles, à la distance de deux, trois, quatre et cinq jours, et j'ai constamment observé une perte plus grande dans l'air que dans le sable. Le détail des résultats est exposé dans un tableau que j'ai joint à ce Mémoire. J'ai fait des expériences analogues avec les salamandres, et j'ai obtenu un résultat semblable. J'ai fait, à ce sujet, quelques expériences comparatives

dans l'air et dans le plâtre, sur des crapauds, et la différence était bien plus marquée que dans le sable.

Ces résultats nous mettent maintenant à même d'éclaircir ce paradoxe, que les animaux peuvent vivre plus long-temps dans le sable et le plâtre que dans l'air. C'est que l'évaporation, que rien ne répare, est une cause de mort chez les batraciens. Or, la transpiration est plus abondante dans l'air que dans les corps solides, et la mort, toutes choses égales d'ailleurs, doit y être plus prompte.

Lorsqu'on réfléchit à la raison pour laquelle la transpiration de ces animaux est moins considérable dans les corps solides, on voit que cet effet est en rapport avec des circonstances physiques qui augmentent ou diminuent la rapidité de l'évaporation. Ainsi, les particules des corps solides, en diminuant l'espace dans lequel les vapeurs se répandent et en s'opposant à leur diffusion, doivent rendre l'évaporation sensiblement moindre dans un temps donné. Pour confirmer ce rapprochement, M. Chevillot et moi, nous avons fait des expériences sur des grenouilles et des salamandres que nous avons placées sous le récipient d'une machine pneumatique, dans lequel nous faisions continuellement le vide. Nous avons pesé les animaux qui avaient été dans l'air et ceux que nous avions retirés du vide. La différence, dans le même temps, était bien plus grande dans le vide que dans l'air. J'en ai consigné les détails dans le tableau joint au Mémoire (1).

Enfin, en comparant l'asphyxie dans le vide avec la

(1) Nous avons également déterminé les effets de l'air sec et de l'air humide, et ils sont parfaitement analogues aux précédens; mais ils appartiennent à une série d'expériences sur la transpiration, dont je traiterai séparément.

submersion dans l'eau, nous avons déterminé, d'après des expériences que nous avons faites sur douze grenouilles et trois salamandres, que la mort est plus prompte dans le vide que dans l'eau : c'est que, dans le vide, ces animaux sont exposés au moins à deux causes de mort, l'évaporation rapide et abondante, jointe au défaut de l'air.

Mais je m'arrête en regrettant de n'avoir pu le faire plutôt. La nécessité de constater et de lier les faits qui font l'objet de ce Mémoire, m'a conduit à occuper trop long-temps l'attention de l'Académie. J'ai examiné sur les batraciens que j'ai soumis à l'expérience, d'abord l'influence de l'air et de l'eau indépendamment de leur action sur la circulation et la respiration. Je me suis ensuite occupé de l'asphyxie dans l'eau, dans l'air et dans les corps solides, et je crois pouvoir conclure des expériences que j'ai faites sur ces divers sujets :

Que l'air a une influence sur l'économie de ces animaux indépendamment de son action sur la respiration;

Que l'air, comparé à l'eau, exerce sur le système nerveux et musculaire une action vivifiante, et réciproquement, que l'eau produit un effet contraire;

Que le sang à l'abri de l'air a une action vivifiante capable de décupler la durée de la vie de ces animaux, bornés à l'action du système nerveux et musculaire;

Que ces animaux, privés de l'action de l'air sur les poumons, peuvent exister beaucoup plus long-temps dans ce fluide que dans l'eau non aérée;

Que, dans ce cas, lorsque la peau seule est en contact avec l'air, on y trouve de l'acide carbonique, soit qu'il provienne de l'exhalation ou de l'action de l'air sur le sang;

Que ces animaux peuvent vivre un grand nombre de jours enfouis dans du plâtre ou dans du sable;

Qu'ils existent dans cet état au moyen de l'air qui pénètre dans ces corps, et qu'ils y périssent lorsque ce fluide en est exclus;

Qu'ils peuvent exister plus long-temps dans les corps solides que dans l'air;

Que cette prolongation de la vie est due à ce qu'ils perdent moins par la transpiration dans les corps solides que dans l'air;

Que l'évaporation, dans un temps donné, est plus rapide et abondante dans le vide que dans l'air, et que les animaux meurent plus promptement dans l'eau que dans le vide.

Dans un autre Mémoire, j'examinerai les causes qui peuvent faire varier les effets de l'asphyxie, et j'exposerai les moyens de rappeler à la vie les batraciens qui sont dans un état de mort apparente.

---

*Perte de poids des Grenouilles.*

| | A l'air. | | Dans le sable. | |
|---|---|---|---|---|
| Dati. | Poids avant l'exp. | Perte. | Poids avant l'exp. | Pertel |
| **Pendant vingt-quatre heures.** | | | | |
| | gramm. | gramm. | gramm. | gramm. |
| 6 avril. | 25.105 | 2.391 | 18.[illegible] | 1.752. |
| 27 mai. | 18.696 | 5.417 | 21.883 | 1.859. |
| *Idem.* | 45.466 | 10.836 | 20.077 | 2.444. |
| *Idem.* | 39.358 | 8.711 | 15.616 | 3.506. |
| *Idem.* | 35.462 | 9.295 | 16.094 | 2.444. |
| **Pendant quarante-huit heures.** | | | | |
| | gramm. | gramm. | gramm. | gramm. |
| 6 avril. | 25.105 | 4.461 | 18.909 | 2.071. |

Pendant trois jours.

| | A l'air. | Perte. | Dans le sable. | Perte. |
|---|---|---|---|---|
| | gramm. | gramm. | gramm. | gramm. |
| 6 avril. | 23.105 | 5.736 | 45.838 | 3.024. |

Pendant quatre jours.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | gramm. | gramm. | gramm. | gramm. |
| *Idem.* | 23.105 | 7.649 | 15.085 | 1.221. |
| 15 avril. | 19.440 | 7.223 | 37.924 | 2.391. |
| | | | 37.924 | 1.965. |

Pendant cinq jours.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | gramm. | gramm. | gramm. | gramm. |
| *Idem.* | 19.918 | 4.833 | 20.608 | 1.487. |
| 18 avril. | 33.569 | 11.048 | 18.962 | 3.877. |
| *Idem.* | 42.226 | 15.244 | 17.794 | 2.071. |
| *Idem.* | 35.692 | 4.461 | 18.909 | 2.550. |

## *Perte de poids des Grenouilles.*

| A l'air. | | | Sous le récipient. | |
|---|---|---|---|---|
| Date. | Poids avant l'exp. | Perte. | Poids avant l'exp. | Perte. |
| Pendant une heure 55 minutes. | | | Pendant une heure 55 minutes. | |
| | gramm. | gramm. | gramm. | gramm. |
| 16 juin. | 18.378 | 0.372 | 30.806 | 2.018. |
| *Idem.* | 22.839 | 0.266 | 22.202 | 1.062. |
| *Idem.* | ....... | ..... | 23.052 | 0.965. |

Pendant une heure 30 minutes.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | gramm. | gramm. | gramm. | gramm. |
| 18 juin. | 20.502 | 0.398 | 21.246 | 0.663. |
| *Idem.* | 22.520 | 0.372 | 21.405 | 2.841. |
| *Idem.* | 24.274 | 0.478 | 26.399 | 0.823. |

## *Perte de poids des Salamandres.*

Pendant deux heures 45 minutes.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | gramm. | gramm. | gramm. | gramm. |
| 19 juin. | 6.215 | 0.212 | 6.427 | 0.769. |
| *Idem.* | 5.842 | 0.258 | 8.259 | 0.557. |

*Durée de la vie de grenouilles asphyxiées dans l'eau comparée à celle de grenouilles asphyxiées dans le vide.*

| | Dans le vide. | Dans l'eau. |
|---|---|---|
| 16 juin. | Nos 2 et 8 vécurent 1 h. 55 m. N° 1 vécut 3 heur. 15 min. | N° 1 vécut 3 h. 15 m. N° 2 vécut 3 h. 45 m. N° 3 vécut 6 heures. |
| 18 juin. | Nos 1, 2 et 3 vécurent 1 heure 30 minutes. | N° 1 vécut 2 h. 45 m. Nos 2 et 3 vécurent quelques minutes de plus. |

*Mêmes expériences faites sur des Salamandres.*

| | | |
|---|---|---|
| 19 juin. | Nos 1 et 2 vécurent 2 heures 45 minutes. | N° 1 vécut 6 heures 45 minutes. |

---

*Résultats de quelques expériences faites à Woolwich avec un pendule ballistique pesant plus de* sept mille quatre cents livres anglaises (3355 *kilogrammes*.)

(Extrait d'un Mémoire de M. Olinthus Gregory inséré dans les *Transactions of the philosophical Society of London*, actuellement sous presse.)

Robins paraît être le premier qui ait songé à se servir d'un pendule pour déterminer la vitesse avec laquelle un boulet se meut à une certaine distance de la bouche du canon (1). Son appareil pesait 36 livres

(1) Le pendule ballistique de Robins n'est autre chose qu'un pendule ordinaire dont la lentille est très-massive, et

3 onces (16,4 kilogrammes). Le centre de gravité n'était distant du centre de suspension que de 52 pouces anglais ($1^m$,321). Les balles dont Robins se servait ne pesaient guère que $\frac{1}{12}$ de livre (37,8 grammes); elles étaient

---

au centre de laquelle est boulonnée une pièce en bois destinée à recevoir le projectile à sa sortie du canon. Si l'on connaît le poids d'un tel pendule, la distance de son centre de gravité à l'axe autour duquel se font les oscillations, il est facile de calculer la quantité dont il sera déplacé, ou l'amplitude du premier arc qu'il décrira à partir de la verticale, si un corps d'un poids donné le frappe dans un point déterminé et avec une vitesse connue. Il est clair, de plus, que la même équation pourra servir à résoudre le problème inverse, ou *à trouver la vitesse du projectile d'après l'amplitude de l'arc qu'il aura fait décrire au pendule en le choquant.* Robins déterminait l'étendue de la première oscillation en attachant à la partie inférieure du pendule, dans l'état de repos, un ruban qui glissait dans une coulisse à frottement doux, et que la lentille entraînait avec elle, après le choc, d'une quantité égale à la corde de l'arc qu'elle décrivait. On a depuis substitué à ce moyen imparfait de mesurer l'amplitude des vibrations, un style adapté à la lentille, et qui laisse sur une surface graissée qu'il touche par sa pointe, une marque permanente du premier arc qu'il a parcouru.

Si l'on appelle $g$ la gravité; $t$ le temps d'une petite oscillation du pendule; $a$ la distance de son centre de gravité à l'axe autour duquel il oscille; $f$ et $b$ les distances respectives du même axe au point de la lentille qui a été frappé par le boulet, et au style qui marque l'amplitude du premier arc décrit; $c$ la corde de cet arc; $\pi$ le rapport de la circonférence

lancées par des fusils ordinaires, ou d'autres petites armes analogues : leurs vitesses pour de petites charges varièrent entre 400 et 1670 pieds anglais par seconde (1).

Hutton a suivi ce travail avec beaucoup de persévérance. Le poids du plus petit de ses pendules n'était pas moindre que 600 livres (272 kilogrammes). Les plus lourds qu'il ait employés étaient d'environ 1000 kilogrammes. Ses expériences embrassent toutes les modifications de charges possibles appliquées à des boulets dont les poids étaient compris entre *une* et *six livres* (0,45 et 2,72 kilog.). (Voyez *Tracts on mathematical and philosophical subjects*, 1812.)

---

au diamètre ; $M$ la masse du pendule ; $m$ celle du projectile ; la vitesse $u$ de ce projectile sera donnée par cette formule :

$$u = \frac{gt \cdot ac}{\pi bf} \cdot \frac{M}{m}.$$

Quelques personnes imagineraient peut-être que l'observation de la portée des boulets est un moyen fort exact de déterminer leur vitesse ; mais, sans parler de la résistance de l'air, si difficilement appréciable, les réflexions que le boulet éprouve dans l'âme de la pièce rendent cette méthode très-incertaine. Supposons, par exemple, que le canon soit pointé sous un angle de 4°, et que les plus grands écarts produits par la réflexion du boulet ne soient que de 21 minutes au-dessus et au-dessous de la direction de l'âme : on sera incertain de 42 minutes sur la véritable direction qu'a prise le boulet à sa sortie du canon : or, une différence de 42′ ne produit pas moins de $\frac{1}{6}$ de variation sur l'*amplitude* de la parabole que le boulet parcourt.

(1) On sait que le pied anglais est au pied français à-peu-près :: 0,94 : 1,

Quelques changemens qu'on se proposait d'introduire en 1815, dans l'artillerie anglaise, déterminèrent M. Mudge, directeur de l'Ecole royale militaire de Woolwich, et M. Gregory, professeur dans le même établissement, à faire construire un pendule ballistique trois fois plus lourd que ceux dont Hutton s'était servi, et avec lequel on devait pouvoir essayer des boulets de 24. Le poids de ce pendule est de 7408 livres (3359 kilog.). Le cadre en fer qui remplace la lentille, et dans lequel est assujetti le bloc d'orme de mêmes dimensions, où viennent se loger les boulets pendant les expériences, a 6 pieds anglais de long, 3 pieds de large et 4 pieds d'épaisseur. La longueur totale du pendule, comptée depuis le bord inférieur du cadre dont nous venons de parler jusqu'aux pièces de suspension, est d'environ 12 pieds. On évalue l'amplitude de la première oscillation que détermine le choc du boulet, d'abord, comme l'avait déjà fait d'Arcy, à l'aide d'une pointe aiguë fixée dans la partie *inférieure* du pendule, et qui trace un sillon léger sur une couche unie d'une substance grasse peu résistante composée de cire et de savon; et secondement, au moyen d'un curseur qui se meut à frottement très-doux le long d'une circonférence de cercle graduée, placée au-dessus de l'appareil, et dont le centre coïncide avec celui de mouvement : une tige inflexible tend à ce même centre, fait corps avec les pièces de suspension et pousse le curseur depuis le *zéro* auquel il correspondait, aussi-bien que la tige, dans l'état de repos du pendule, jusqu'au point qui marque l'amplitude de l'oscillation. Ces deux méthodes, totalement distinctes, se sont toujours parfaitement accordées. Telle est, du reste, la petitesse du

frottement dans l'axe de suspension, que, malgré l'énorme poids de tout cet appareil, il suffit du vent le plus léger pour le mettre en mouvement : aussi des oscillations dont l'amplitude était de 7 degrés, de part et d'autre de la verticale, *diminuaient à peine d'un degré* en 120 secondes.

On a lancé sur le pendule des boulets de 6, de 9, de 12 et de 24. La bouche du canon était, dans toutes les expériences, à 30 pieds anglais de la face par laquelle le projectile pénétrait dans le gros bloc de bois que supportait le cadre en fer dont nous avons parlé précédemment.

Les boulets de six furent successivement essayés avec des canons d'un calibre constant, 3,668 pouces, et des trois longueurs suivantes, toujours exprimées en mesures anglaises : 4 pieds 4 pouces ½; 4 pieds 5 pouces, et 5 pieds 7 pouces ⅝. Les diamètres des boulets n'étant que de 3,55 pouces, laissaient entre leur surface et celle du canon un vide, *un vent*, de 0,118 pouces.

Avec des charges d'*une livre et demie* de poudre (680 grammes), les vitesses moyennes, déduites des expériences, furent comme il suit :

| | |
|---|---|
| Pour le canon le plus court, | 1440 pieds anglais ; |
| Pour le second, | 1452 ; |
| Pour le plus long, | 1497 (1). |

---

(1) Le chevalier d'Arcy avait déjà montré, par des expériences directes, que les mêmes charges donnent d'autant plus de vitesse que les canons ont plus de longueur. (Voyez *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1751 ; et les *Nouveaux Principes d'artillerie*, imprimés en 1760.)

Avec des charges de *deux livres* (907 grammes), les vitesses furent :

| | |
|---|---|
| Canon le plus court, | 1596 pieds ; |
| Canon moyen, | 1632 ; |
| Canon le plus long, | 1748. |

En se servant d'une meilleure poudre, la charge étant toujours de deux livres, les boulets furent projetés avec ces nouvelles vitesses :

| | |
|---|---|
| Le premier, | 1633 pieds par seconde ; |
| Le second, | 1663 ; |
| Celui qui provenait du plus long canon, | 1785. |

Des résultats analogues ont été fournis par des canons d'un plus grand diamètre ; il faut y ajouter seulement cette modification importante, que la vitesse des boulets, *pour des charges proportionnelles à leurs poids*, est d'autant plus grande que ces boulets sont d'un plus gros calibre. Ainsi, la vitesse d'un boulet de 6 est inférieure à la vitesse d'un boulet de 12 ; celle-ci est moindre que la vitesse d'un boulet de 18, qui, à son tour, est surpassée par la vitesse d'un boulet de 24. On sait depuis long-temps que le boulet est chassé du canon avant que la *totalité* de la charge ait pris feu. M. Gregory pense que la proportion de poudre enflammée est plus grande dans un canon d'un fort calibre que dans un canon à petite ouverture, et explique par là le résultat que nous venons de rapporter.

On ne s'est pas hasardé à lancer des boulets de 24 sur le pendule, avec une charge entière. Quatre livres de poudre seulement, dans des canons de 6 pieds 9 pou-

ces $\frac{1}{2}$ et de 8 pieds 11 pouces $\frac{1}{2}$, ont imprimé à ces boulets des vitesses de 1243 et de 1293 pieds par seconde (1).

Pendant les expériences dont nous venons de rapporter les résultats, on a eu l'occasion de remarquer que les bords des ouvertures faites par les boulets dans une plaque de plomb clouée à la face antérieure du pendule, *présentaient une apparence de fusion*, lorsque la vitesse du projectile surpassait 1400 pieds par seconde.

M. Grégory se propose de poursuivre ces recherches,

---

(1) Il paraît résulter des expériences de Hutton que les vitesses communiquées à des boulets de même poids, par différentes quantités de poudre, sont à-peu-près proportionnelles aux racines carrées de ces quantités; en sorte, par exemple, que, pour obtenir une vitesse double, il faut employer une charge quadruple. En effet, des boulets d'un poids constant ayant été lancés sur le pendule ballistique avec la même pièce de canon et des charges de *deux, quatre* et *huit* onces de poudre, on trouva respectivement pour les vitesses, 701, 993 et 1397 pieds par seconde. Or, il est aisé de voir que ces nombres sont entr'eux, à fort peu près, comme $\sqrt{2} : \sqrt{4} : \sqrt{8}$. En partant de cette règle, qui toutefois pèche ordinairement par excès, lorsqu'on déduit les grandes vitesses des petites, on calculera la vitesse d'un boulet de 24 dans un canon de 8 pieds 11 pouces $\frac{1}{2}$, et avec une charge de 16 livres de poudre, qui est celle d'épreuve, à l'aide de la proportion suivante:

$\sqrt{4} : \sqrt{16} :: 1293$ : la vitesse cherchée $= 2586$ pieds.

Pour le canon de 6 pieds 9 pouces $\frac{1}{2}$, on trouverait de même que la vitesse correspondante à 16 livres de poudre est de 2486 pieds par seconde.

mais avec un nouvel appareil qui n'est autre chose qu'une modification de celui dont *Mattei* se servait pour apprécier les vitesses des balles de fusil. (Voyez *Antoni*, ou le *Traité des Machines* de M. Hachette, page 128.) Dans cette méthode, on lance les boulets sur des disques de papier qui se meuvent avec une grande rapidité autour d'un axe; la vitesse de ces disques étant connue, on calcule celle du projectile d'après la situation relative des deux ouvertures qu'il a faites à son entrée et à sa sortie. Jusqu'ici les résultats que ce procédé a fournis ont confirmé ceux qu'on avait déduits du pendule ballistique; mais lorsqu'il s'agit de déterminer de très-grandes vitesses, on a quelque peine à s'assurer que les disques tournent d'une manière parfaitement uniforme, et qu'on a tiré perpendiculairement à leurs surfaces.

---

## PRINCIPAUX RÉSULTATS *de diverses Expériences sur les Chaux de construction, les Mortiers ordinaires et les Bétons.*

PAR M. VICAT,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, chargé de la construction du pont de Souillac (département du Lot.)

IL est des chaux maigres (1) qui ne durcissent point dans l'eau. — Les caractères physiques des pierres calcaires ne sont que des indices trompeurs de leurs qua-

---

(1) On nomme *chaux maigre* une espèce particulière de chaux qui ne donne pas, à proportion, un mortier aussi gras

lités comme pierrres à chaux. — On transforme les chaux communes en chaux maigres d'une qualité supérieure à celle des chaux maigres naturelles, en les laissant tomber spontanément en poudre, en les pétrissant après avec une quantité convenable d'argile, soit blanche, soit grise ou brune, et en faisant cuire le mélange. — Un des effets de la calcination sur les pierres à chaux maigres est de rendre soluble, dans les acides, la portion de silice qu'elles contiennent (1). — La pierre calcaire passe par diverses couleurs avant d'arriver au terme ordinaire de la cuisson. — Il est un degré de cuisson où une pierre à chaux commune, sans être frittée, ne s'éteint plus dans l'eau, mais donne, lorsqu'on la réduit mécaniquement en poudre fine, une pâte qui y durcit à la manière des chaux maigres. — L'extinction par immersion n'a d'autre effet que d'empêcher la chaux de prendre tout le développement qu'elle aurait pris par l'extinction ordinaire. — L'extinction spontanée produit un effet semblable, mais donne en outre aux chaux communes des propriétés toutes contraires à celles qu'on a supposées jusqu'à ce jour. — La dureté des hydrates de chaux dépend beaucoup de la quantité d'eau qu'on emploie pour former la pâte. — Certaines chaux communes, très-grasses et blanches, peuvent former, par le seul concours de l'eau, des corps aussi durs qu'une foule de pierres naturelles et recevoir

---

que les autres. Jusqu'ici on avait assez généralement supposé que les chaux maigres étaient toutes douées de la propriété de prendre corps et de se durcir dans l'eau. (*R.*)

(1) Ce fait a été observé par Descotils. (*Note de l'Auteur.*)

un beau poli ; mais il faut employer le procédé ordinaire d'extinction (et non l'immersion, comme le prétend M. Sage), et donner à la pâte une consistance ferme. — L'action de l'air augmente avec le temps la dureté des parties de ces corps qu'elle peut atteindre. — Les chaux maigres, surtout celles qui sont colorées, ne donnent, par le seul concours de l'eau, que des corps légers et friables. — L'action de l'air en augmente aussi la dureté, mais pas assez pour la rendre égale à celle qu'elle communique aux hydrates de chaux grasses. — Les résistances des hydrates en général ne sont point proportionnelles à leurs duretés (1). — Les hydrates de chaux maigres résistent dans l'eau, et les hydrates de chaux grasses s'y ramollissent et finissent par s'y dissoudre. — Si l'on place du béton dans une caisse de bois neuf, la matière extractive qui en sort empêche le durcissement des parties du béton qu'elle touche (2). — Des bétons placés, immédiatement après leur fabrication, sous une eau chaude à 40 deg. Réaumur, parviennent, en dix à douze heures, au même degré de consistance que s'ils étaient placés sous une eau courante, à 7 deg., pendant sept à huit jours. — Dans le béton où l'on emploie des chaux grasses, il vaut mieux pécher par défaut de chaux que par excès. — L'influence des proportions peut aller jusqu'à décupler

---

(1) On entend ici, par résistance, la force que les corps opposent quand on essaie de les rompre en tirant. (*A.*)

(2) On nomme *béton* toute composition de mortier destinée à être employée dans l'eau et susceptible de prendre corps presque instantanément. (*R.*)

la résistance du béton. — Pour les bétons ou mortiers ordinaires à chaux grasses ou moyennes, et même à chaux maigres faibles, les trois procédés d'extinction rangés par ordre de supériorité sont : l'extinction spontanée, l'extinction par immersion et l'extinction ordinaire. Pour bétons à chaux maigres douées d'une grande énergie, c'est l'ordre inverse. — Une bonne pouzzolane (1) convient mieux à une chaux grasse qu'à une chaux maigre quand on observe les proportions exactes. — Le sable éminemment siliceux convient mieux à une chaux maigre très-énergique qu'une bonne pouzzolane. — Il y a, dans un béton à pouzzolane et à chaux grasse, tous les principes qui se trouvent dans un béton à pouzzolane et à chaux maigre; la seule différence vient de ce que, dans l'un, la chaux, d'abord isolée, a été combinée aux autres matières par la voie humide; tandis que, dans l'autre, une certaine portion de ces matières était combinée d'avance à la chaux par la voie sèche. — L'eau dissout la chaux grasse qui est en excès dans les bétons quand la pouzzolane est de médiocre qualité; d'où résulte une détérioration. L'expérience démontre qu'une colonne de béton de trois mètres de diamètre pourrait, dans une eau courante et dans le cas le plus défavorable, disparaître entièrement au bout de cent ans. — On déduit de cette action de l'eau sur les bétons à chaux grasses une règle singulière pour trouver les proportions exactes. — L'excès de chaux dans les bétons en retarde la prise. — Les pouzzolanes énergiques, en proportions exactes avec

---

(1) La pouzzolane proprement dite est un sable volcanique qui abonde surtout dans les environs de Naples. (*R.*)

les chaux communes, font corps plus vite qu'avec les chaux maigres. — L'extinction spontanée et l'extinction par immersion sont généralement plus propres que l'extinction ordinaire à accélérer cette prise. — La dureté des bétons à chaux grasses fait plus de progrès de la seconde année à la troisième que de la première à la seconde, tellement qu'on peut dire que la vitesse de ces progrès est accélérée. — Cette même vitesse commence, au contraire, à être retardée à la même époque pour les bétons à chaux maigres très-énergiques. — Les carrés des nombres qui expriment les enfoncemens qu'une tige de fer soumise à une percussion réglée prend dans un béton quelconque, sont réciproquement proportionnels aux forces qui parviendraient à le rompre en tirant. — On ne peut attribuer exclusivement la solidification des mortiers ordinaires à aucune des causes indiquées jusqu'à ce jour; mais toutes y contribuent plus ou moins selon les circonstances. — Les mortiers que l'on mouille perdent de $\frac{1}{5}$ à $\frac{2}{5}$ de leur force. Les corps pierreux et spongieux sont dans le même cas; réciproquement les corps de cette nature qui sont mouillés et qui sèchent à l'air acquièrent de $\frac{1}{5}$ à $\frac{2}{5}$ de résistance de plus. — Les chaux qui forment, par le seul concours de l'eau, les corps les plus solides sont celles d'où résultent, au contraire, les mortiers ordinaires les plus faibles, et réciproquement. — Le sable quartzeux ne contribue pas à augmenter la force de cohésion dont toute espèce de chaux indistinctement est susceptible; mais il est utile à quelques-unes, nuisible à d'autres, et il en existe parmi les espèces intermédiaires à la solidité desquelles sa présence n'ajoute ni n'ôte rien. — Les sables fins homogènes conviennent aux chaux très-

maigres; les sables à grains inégaux aux chaux moyennes, et les gros sables aux chaux grasses. — Une dessiccation rapide est contraire à toute espèce de chaux, une dessiccation ordinaire aux chaux maigres seulement : elles exigent une dessiccation lente. — La résistance des mortiers à chaux grasses aux effets de la gelée dépend des proportions; les mortiers très-maigres sont ceux qui résistent le mieux. — Le degré de cuisson de la brique ordinaire convient aux terres ocreuses et au grès ferrugineux considérés comme pouzzolanes. L'énergie de ces matières s'affaiblit rapidement à mesure qu'elles s'approchent du terme où elles commencent à subir une espèce de vitrification. — La houille réduite en cendres à un feu lent l'emporte sur celle qui est parvenue à l'état de scories à un feu actif. — Le schiste bleu n'a toutes ses qualités que lorsqu'il s'est boursoufflé en masses cellulaires, verdâtres; le basalte doit couler.

---

## NOTE *sur quelques Sels triples de platine, et notamment sur le muriate de ce métal et de soude, pour faire suite au travail sur les oxides de platine, inséré dans le Cahier précédent, tome V, page 260.*

PAR M. VAUQUELIN.

L'ON sait qu'en mêlant ensemble une dissolution de muriate de platine le plus neutre possible, et une dissolution de muriate de soude dans les proportions conve-

tables, il se forme un sel triple qui cristallise facilement en beaux cristaux d'un rouge orangé.

Si l'on mêle à une semblable dissolution de platine une dissolution de soude caustique, de manière qu'elle ne soit pas en excès, l'on remarque que la liqueur devient brune foncée, sans laisser rien précipiter.

Si on laisse évaporer spontanément cette dissolution mixte, on obtient des cristaux d'un jaune brun, sous forme de lames brillantes comme du mica, parmi lesquels on en trouve d'autres d'une couleur grise de perle très-brillante. Ces deux espèces de cristaux sont parfaitement neutres; ils sont très-solubles dans l'eau, mais non déliquescens : leur dissolution a une couleur brune assez foncée.

Leur dissolution est précipitée par le sel ammoniac en sel triple qui a une couleur jaune verdâtre, et l'eau-mère conserve une couleur brune.

Le sel triple de platine fait directement par le mélange du muriate de soude est, au contraire, précipité en beau jaune citron par le sel ammoniac, et l'eau-mère reste à peine colorée.

Le sel sous forme micacée, décomposé au feu, a fourni, après le lavage, une quantité de platine représentée par 20 centièmes de son poids.

Le sel fait avec le muriate de platine et le sel marin, soumis au feu, à l'état de cristaux, a donné, après le lavage, une quantité de platine correspondant à 17 centièmes. Ce dernier sel, desséché avec précaution, a pris une couleur jaune orangée, et a perdu 20 centièmes de son poids. Ainsi, ce sel desséché aurait produit 21,25

sur cent, juste moitié moins que le muriate ammoniac de platine, qui en donne 42½.

L'autre, en se desséchant, a pris une couleur jaune légèrement bleuâtre, et a perdu 15 centièmes de son poids : 100 parties à l'état sec auraient donc produit 23,52 de platine.

Quoique ces deux sels paraissent très-différens, à en juger par la couleur, la forme cristalline et même la consistance, cependant l'on voit qu'ils se rapprochent par la proportion de leurs élémens.

Celui qui est fait avec le muriate de platine et la soude contient un peu plus de métal, et l'autre renferme un peu plus d'eau, et sans doute aussi plus d'acide.

*Sulfate de platine.*

Si l'on fait bouillir du sous-muriate de platine avec de l'acide sulfurique en poussant l'opération presqu'à siccité, il se dégage de l'acide hydrochlorique, et l'on obtient une masse noire qui se dissout dans l'eau; ne précipite point la solution d'argent si la décomposition a été complète; mais il faut beaucoup de temps et d'acide sulfurique pour arriver à ce point.

La dissolution du platine dans l'acide sulfurique paraît noire quand elle est concentrée; mais si elle est étendue d'eau, sa couleur est verte, jaunâtre. Cette combinaison est déliquescente, et ne paraît pas susceptible de cristalliser. Les alcalis ne produisent, dans la solution de ce sel, d'autre effet qu'une intensité de couleur; mais, au bout de quelques jours, il se forme un précipité noir très-volumineux, et la liqueur perd sa couleur. Ce précipité, lavé à l'eau bouillante et séché, est d'un noir très-

brillant; il perd 16 centièmes de son poids par la chaleur, et se réduit à l'état métallique.

La solution de sulfate de platine mêlée avec un peu de sulfate de potasse, pour savoir s'il se produirait un sel triple, a formé pendant l'évaporation un précipité floconneux de couleur vert bouteille, et la liqueur s'est presque entièrement décolorée : le précipité, lavé à l'eau chaude et desséché, était d'un beau noir brillant; soumis à la distillation, il a fourni de l'acide sulfurique et sulfureux, et du platine métallique qui contenait du sulfate de potasse.

Il s'est donc formé entre le sulfate de platine et le sulfate de potasse une combinaison qui est devenue insoluble : c'est un sulfate ou un sous-sulfate triple de platine et de potasse.

---

## SUR *la Cause de la diminution de température qu'on observe dans les eaux de la mer, près de terre ou sur les hauts-fonds.*

PAR SIR H. DAVY.

(Traduit du *Journal of Sciences and the Arts*, vol. II, p. 368-1817.)

On a publié, dans le 3me Numéro du *Journal of Sciences and the Arts*, l'extrait d'une lettre de mon frère, le Dr Davy, contenant quelques observations sur la température de l'air et de la mer dans le voisinage de

l'équateur terrestre (1). J'ai communiqué depuis à la Société royale une seconde lettre fort étendue, relative au même objet, et qui sera imprimée dans le prochain volume des *Transactions philosophiques*. Parmi les observations de physique qu'elle renferme, il en est une qui me paraît très-importante, puisqu'elle prouve que le thermomètre peut être un instrument utile dans la navigation : je veux parler de la confirmation de la remarque que M. Jonathan Williams et d'autres observateurs avaient déjà faite, que la température des eaux de la mer diminue toujours près des hauts-fonds (2).

---

(1) Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, t. III, p. 127.

(2) Voici la traduction de quelques-uns des paragraphes les plus curieux de la brochure de M. Williams, qui est fort rare en France.

L'eau sur un banc est toujours plus froide qu'en pleine mer. La différence est d'autant plus grande que le banc est moins abaissé au-dessous de la surface du liquide.

L'eau est d'autant plus froide que le banc qu'elle recouvre est plus étendu.

L'eau sur un banc rapproché de la côte est plus chaude que sur un banc éloigné ; ceci paraîtra surtout vrai si l'on compare les bancs qui se rattachent au continent à ceux qui sont entourés de tous côtés d'eaux profondes.

Ces principes ne souffrent d'exceptions que pour les hauts-fonds compris entre des caps rapprochés ou dans des lits de rivières : dans ce cas l'eau est tantôt plus chaude et tantôt plus froide, suivant les saisons, qu'en pleine mer.

L'abaissement de température qui se manifeste à l'approche

M. Williams attribue l'abaissement de température qui se fait remarquer lorsqu'on approche d'une côte, au pouvoir refroidissant de la terre; mais ceci n'est plus applicable quand il s'agit d'un bas-fond ou des climats des tropiques. M. de Humboldt, dans la relation historique de son voyage, paraît considérer cette dimi-

---

des terres est très-sensible, et révèle ainsi au navigateur l'existence d'un haut-fond ou d'une côte encore invisible. M. Williams rapporte qu'il a souvent observé un abaissement de 4° centigrades pour trois heures de marche, et néanmoins on était encore fort loin de tout danger.

En août, à une certaine distance du cap Cod, le thermomètre, à la surface de l'Océan, marquait +14°4 centigrades. En pleine mer, sur le même parallèle, il se soutenait à +20°,6. En octobre, le thermomètre, près du cap, était à +8°,9 centigrades, et, en pleine mer, à +15°,0.

L'abaissement de température annuel se faisant sentir à-la-fois et presque également au large et près de terre, on voit que l'usage du thermomètre sera utile aux navigateurs dans toutes les saisons.

Les changemens de température, dans le voisinage des terres, sont d'autant plus grands que la profondeur de l'eau varie plus rapidement. Par exemple, des sondes multipliées ont prouvé que le fond de l'Océan s'abaisse graduellement et avec lenteur sur la côte d'Angleterre, tandis que sur celle des États-Unis on ne trouve déjà plus de fond à une petite distance de terre. Aussi il suffit de quelques heures de navigation pour observer, dans la température de l'eau, un changement de 4° ou 5° centigrades sur la côte d'Amérique, alors qu'il ne faut pas moins d'un jour de marche pour apercevoir une variation de 0°,5 dans les attérages des côtes britanniques.

nution de température comme le résultat de l'existence de quelques courans d'eau froide à une certaine profondeur au-dessous de la surface (1). Mais, dans cet ou-

---

(1) Le lecteur ne sera pas fâché de trouver ici les passages de M. de Humboldt auxquels sir H. Davy fait allusion.

« Pendant la traversée de la Corogne au Ferrol, sur un » bas-fond près du *Signal-Blanc*, nous fîmes quelques ex- » périences sur la température de l'Océan. Le thermomètre » montra sur le banc, à la surface, 12°,5 à 13°,3 centi- » grades; tandis que par-tout ailleurs où la mer était très- » profonde, il marquait 15° ou 15°,3, l'air étant à 12°,8. » ............ L'observation que la proximité d'un banc » de sable est indiquée par un abaissement rapide de la tem- » pérature de la mer à sa surface n'intéresse pas seulement » la physique, elle peut aussi devenir très-importante pour » la sûreté de la navigation. L'usage du thermomètre ne » doit certainement pas faire négliger celui de la sonde; » mais des expériences que je citerai dans le cours de cette » relation prouvent suffisamment que des variations de tem- » pérature, sensibles pour les instrumens les plus imparfaits, » annoncent le danger long-temps avant que le vaisseau se » trouve sur les hauts-fonds. Dans ce cas, le refroidisse- » ment de l'eau peut engager le pilote à jeter la sonde dans » des parages où il se croyait dans la plus parfaite sécurité. » Nous examinerons, dans un autre endroit, les causes phy- » siques de ces phénomènes compliqués; il suffit de rappeler » ici que les eaux qui couvrent les hauts-fonds doivent en » grande partie la diminution de leur température à leur » mélange avec les couches d'eau inférieures qui remontent » vers la surface sur les acores du banc. » (Page 55 de la *Relation historique*, tome Ier.) A la page 213, où il est

vrage et dans une conversation que j'ai eue avec lui à ce sujet, il s'est contenté d'énoncer son opinion en termes généraux et sans entrer dans des détails circonstanciés. Quant au Dr Davy, il a seulement rapporté le fait : sa lettre ne renferme rien qui soit relatif aux explications qu'on en peut donner.

Le grand intérêt que ce sujet doit inspirer aux navigateurs, m'a engagé à en examiner avec soin la théorie. Je vais donner ici les résultats de mes réflexions. Les considérations auxquelles j'ai été conduit se sont déjà présentées peut-être à M. de Humboldt et au Dr Davy, et, en tout cas, ne leur auraient pas échappé. Quoique je les devance ici, je ne pense avoir besoin d'excuse ni auprès de mon frère, ni à l'égard du voyageur prussien, qui n'est pas moins distingué par sa candeur et son urbanité que par l'étendue de ses connaissances et sa grande sagacité.

Les rayons solaires produisent très-peu de chaleur dans leur passage à travers de l'air; mais il n'est guère possible de douter que l'absorption qui a lieu pendant le trajet

---

question une seconde fois de ce phénomène, on lit ce qui suit : « Nous traversâmes le bas-fond qui réunit Tabago à » l'île de la Grenade. La couleur de la mer n'offrait aucun » changement visible; mais le thermomètre centigrade, » plongé dans l'eau à quelques pouces de profondeur, ne » s'élevait qu'à 23°; tandis que plus à l'est, au large, sur le » même parallèle, et également à la surface de la mer, il se » soutenait à 25°,6. Malgré les courans, le refroidissement » des eaux annonçait l'existence du bas-fond qui ne se » trouve indiqué que sur un petit nombre de cartes. »

de la lumière au travers d'un milieu aussi imparfaitement transparent que l'eau, n'engendre quelque chaleur : le plus grand effet aura lieu à la surface même; il sera ensuite d'autant moindre que les rayons auront pénétré plus profondément.

La chaleur de la surface de la mer, à une grande distance de terre, doit dépendre de l'absorption de la lumière solaire; son refroidissement, du pouvoir rayonnant de l'eau et de l'évaporation. Mais l'eau a une conductibilité très-faible; lorsqu'elle se refroidit, sa densité augmente continuellement tant que la température ne descend pas au-dessous de 38° ou 40° Fahr. (+3°,3 ou +4°,4 centigrades). Quand des causes refroidissantes agissent sur un océan sans fond, la couche d'eau *refroidie* descend jusqu'à une grande distance de la surface, et doit très-peu en influencer la température; mais lorsque les mêmes causes s'exercent sur un haut-fond, les couches refroidies s'accumulent, s'approchent davantage de la surface, et font que sa température est moins éloignée de la moyenne entre celle du jour et de la nuit.

Dans des lieux où l'eau est *très-peu profonde* près des côtes, le fond lui-même est échauffé; alors la température de l'eau, dans le jour, surpasse celle que l'on trouve en pleine mer; mais, la nuit, comme la côte se refroidit plus vite que l'eau, par radiation, l'air en contact avec elle se porte vers la mer, et détruit ainsi l'effet du courant d'eau chaude qui s'élève du fond vers la surface : à une certaine distance, ce vent de terre produit une diminution de température qui compense et au-delà la chaleur résultante du contact de l'eau avec la terre chaude.

M. Péron et d'autres savans ont supposé qu'il peut exister de la glace au fond de la mer (1); mais un raison-

---

(1) On ne peut se défendre d'un peu de surprise en voyant avec quelle légèreté Péron a adopté l'idée que *les abîmes des mers sont recouverts de glaces éternelles*; car rien, dans les expériences qu'il rapporte, ne justifie une telle conclusion. Un thermomètre qui avait séjourné 1h 50′ à 1200 pieds de profondeur, marquait à sa sortie + 9°,4 centigrades, la surface des eaux étant à + 30°,6 : un second essai fait, comme le premier, entre les tropiques et à 2144 pieds, donna, dans les couches inférieures, + 7°,5 centigrades, tandis qu'à la surface on trouvait + 31°,0. Sans doute il faut admettre que, malgré tous les artifices auxquels on avait eu recours pour isoler le thermomètre, il se réchauffait un peu pendant le temps assez considérable que durait son ascension; mais pour qu'il fût permis de supposer qu'il était originairement au terme de la congélation de l'eau, il faudrait avoir fait, sur les progrès de son réchauffement, des expériences très-délicates dont Péron ne s'était pas avisé, ou dont au moins il ne reste aucune trace dans son Mémoire. S'il était bien démontré que l'eau, à la surface de l'Océan et dans les environs de l'équateur, ne descend jamais, par son rayonnement nocturne vers l'espace, jusqu'à la température de + 4° ou + 5° centigrades, on pourrait peut-être considérer les résultats qui précèdent comme des preuves de l'existence de courans inférieurs dirigés des poles vers les tropiques. Les sondes thermométriques qui ont été faites par Forster et Irving, au milieu des glaces polaires, pendant les voyages de Cook et du capitaine Phipps, ont montré que la température est quelquefois *plus forte* au fond de la mer qu'à la surface. Ainsi, le 4 août 1773, par 80° 30′ de lati-

nement très-simple montre que cela est impossible, à moins que la température de la surface ne soit au-dessous

---

tude nord et à 60 brasses de profondeur, un thermomètre marquait $+3°,9$ : à la surface il n'était qu'à $+2°,2$. En décembre 1772, latitude 55° sud, la température des vagues de l'Océan était $-1°,1$ centigrades : un thermomètre qui avait séjourné 17′ à 100 brasses de profondeur marquait $+1°,1$. Des épreuves analogues, faites dans les mêmes parages, conduisent à des résultats qui sont contraires aux précédens, mais sur lesquels on ne saurait asseoir aucune conclusion bien précise, tant il paraît difficile d'assigner des limites aux erreurs dont de telles observations sont susceptibles. Quant aux expériences du même genre que renferme le voyage dans les Alpes, elles ont été faites avec les attentions scrupuleuses que Saussure apportait dans tous ses travaux. J'ai rassemblé, dans le tableau ci-joint, les résultats qu'elles fournissent : on ne manquera pas de remarquer que, de part et d'autre de la chaîne des Alpes, et dans toutes les saisons de l'année, la température du fond des lacs est, sinon parfaitement, du moins à très-peu près celle où l'eau acquiert son *maximum de densité*. Les eaux de l'Océan, dans les latitudes où la température de la surface descend jusqu'au terme de la congélation, présenteraient sans doute des résultats analogues si les couches qui tendent à se disposer dans l'ordre de leurs densités n'étaient pas continuellement bouleversées par des courans abondans et rapides, dont les sondes thermométriques feront connaître un jour la force et la direction. Il sera peut-être important, à cette occasion, de rechercher, par des expériences directes, quel est le *maximum* de densité de l'eau salée. Sir Charles Blagden a cru reconnaître que la dissolution d'une certaine quantité de muriate de soude

de 40° Fahr. (4°,5 centigrades); car, à ce degré, la densité de l'eau est plus grande qu'au terme de la congélation. La glace, comme le comte de Rumford l'a montré, se forme toujours à la surface : s'il en existe quelque part au fond de la mer, elle doit se fondre quand la température des couches supérieures atteint 40° Fahr. (+4°,5); car alors l'eau chaude de la surface descend au fond, tandis qu'il se forme un courant ascendant d'eau froide du fond à la surface. Les causes que je viens d'indiquer agissent par-tout où la surface de l'Océan est au-dessus de 52° Fahr. (11°,1 centigr.) : alors la terre et les bas-fonds abaissent la température de la mer; mais, dans des latitudes très-élevées, si la température de la surface approche de 40° Fahr. (4°,4 centigr.) seule-

---

dans l'eau, abaisse également le point de la congélation et celui du *maximum* de densité : en sorte que le dernier est toujours 4° centigrades *au-dessus* du précédent. (*R.*)

| | *Température à la surface.* | *Temp. du fond.* | *Profondeurs.* |
|---|---|---|---|
| | centigrad. | centigr. | pieds. |
| Lac de Genève (6 févr. 1777) | 5°,0... | +5°,4... | 950. |
| Lac de Genève (5 août 1779) | 21,2... | 6,1... | 150. |
| — de Thun (7 juillet 1783) | 19,0... | 5,0... | 350. |
| — de Brientz (8 juillet 1783) | 19,4... | 4,8... | 500. |
| — de Lucerne (28 juillet) | 20,3... | 4,9... | 600. |
| — de Constance (25 juil. 1784) | 18,1... | 4,3... | 370. |
| — Majeur (19 juillet 1783) | 25,0... | 6,7... | 335. |
| — de Neuchâtel (17 juil. 1779) | 23,1... | 5,0... | 325. |
| — de Bienne (20 juillet 1779) | 20,7... | 6,9... | 217. |
| — d'Annecy (14 mai 1780) | 14,4... | 5,6... | 163. |
| — du Bourget (6 octobre 1784) | 17,9... | 5,6... | 240. |

ment, le thermomètre ne sera plus pour le navigateur un indice certain de l'approche des terres ou des bas-fonds, puisque l'eau est plus dense à 47° Fahr. (+8°,2 centigr.) qu'à 32 Fahr. (0°,0 centigr.); mais de telles circonstances ne peuvent guère se rencontrer que dans des mers de glace.

---

## *A Messieurs les Rédacteurs des* Annales.

« Messieurs,

» En vous adressant, au mois de janvier dernier, les observations que m'avait suggérées la lecture des *Mémoires* de M. Brunacci relatifs à l'action capillaire, j'avais cru devoir me borner à faire connaître les difficultés que ce géomètre opposait à la théorie de M. Laplace. J'avais pensé et je crois encore qu'il suffisait de les présenter sous leur véritable jour pour que tout lecteur, à qui les notions les plus élémentaires de la théorie des fluides ne seraient pas étrangères, pût juger du peu de fondement d'une pareille réfutation. En prenant ce parti, je ne devais pas m'attendre à convaincre M. Brunacci lui-même, et j'aurais été surpris qu'une note de quelques pages dissipât des doutes que les deux Mémoires de M. Laplace n'avaient pu éclaircir, et qui me paraissaient tirer leur origine d'une cause que je me garderai bien d'assigner. Je pouvais espérer du moins que la forme de ma réponse éloignerait toute idée de personnalité offensante; mais le ton tranchant et laconique de la note insérée

dans le *Journal de Pavie* (3$^{me}$ bimestre, p. 224.) m'aurait fait craindre le contraire s'il n'était pas beaucoup plus naturel de l'attribuer au regret d'une espérance déçue. MM. les Rédacteurs attachaient sans doute un grand prix à se trouver, sur un des points principaux de la physique mathématique, en opposition avec le grand géomètre qui a si puissamment contribué à ses progrès. Je conçois très-bien qu'on renonce difficilement à une pareille prétention, et je m'explique par là le parti pris et annoncé par MM. les Rédacteurs de ne plus revenir désormais sur la question qui a amené tous ces éclaircissemens. Si j'ai pu avoir quelque influence sur une pareille détermination, j'attendrai, pour me justifier, que le reproche m'en soit adressé autre part que dans le journal de Pavie.

» MM. les Rédacteurs de ce journal, dans la vue sans doute d'accréditer leur opinion, ont eu soin d'ajouter qu'elle était partagée par quelques physiciens anglais. A la vérité, le D$^{r}$ Young, à qui l'on doit une explication des phénomènes capillaires fondée sur des principes différens de ceux qui servent de base à la doctrine de M. Laplace, a publié, à diverses reprises, des observations sur les résultats déduits de la théorie de l'attraction moléculaire; mais les difficultés que ces observations renferment se rapportent uniquement à la première partie de l'ouvrage de M. Laplace, et se trouvent clairement résolues dans la seconde partie de ce même ouvrage. J'aurai bientôt occasion, ainsi que vous m'y avez invité, de faire le rapprochement de la théorie de M. Young, et de celle de M. Laplace. On pourra se convaincre alors, comme on peut le prévoir dès à pré-

sent, qu'il n'existe aucun rapport entre les objections faites par M. Brunacci et les doutes élevés par le célèbre physicien anglais.

» Agréez, je vous prie, Messieurs, l'assurance de ma haute considération.

» PETIT. »

Les Rédacteurs du *journal de Pavie* (MM. *Brugnatelli*, BRUNACCI et *Configliachi*), en affirmant que M. Petit s'est borné à de simples assertions (*mere e semplici assezioni senza alguna dimonstrazione*) dans sa réponse à M. Brunacci, ne nous autoriseraient-ils pas à supposer que les *principes* dont on a prouvé que ce dernier s'est écarté leur paraissent des vérités mal établies? Mais, en rappelant à M. Brunacci que la pression d'un liquide sur le fond d'un vase est indépendante de la forme de ce vase, M. Petit se serait-il appuyé sur un théorême douteux? Seraitce aussi une *assertion* sans fondement que d'avancer qu'une formule approximative ne doit être appliquée qu'au cas où elle est convergente? Enfin, cette propriété que la fonction $\varphi(f)$ transmet à ses intégrales successives de devenir insensibles pour les valeurs finies de $f$, leur paraîtrait-elle une supposition gratuite, même après la *démonstration* que M. Petit a insérée dans son Mémoire? Quoi qu'il en soit, nous ne terminerons pas cette note en annonçant, comme l'ont fait les rédacteurs du journal de Pavie, l'intention de ne plus revenir sur ce qui pourrait être écrit à ce sujet : le desir de contribuer aux progrès de la science nous fera toujours rechercher avec empressement leur excellent recueil; nous y puiserons, comme nous l'avons déjà fait, les articles qui contiendront des vues ou des expériences nouvelles, et nous combattrons franchement les erreurs, surtout lorsqu'elles se présenteront, comme dans le Mémoire de M. Brunacci, au milieu d'un grand attirail de formules et de symboles algébriques. (*R.*)

**Transactions philosophiques** *de la Société royale de Londres pour* 1817, *première partie, un vol. in-4°.*

(Extrait.)

1. *Histoire de la circulation du sang dans la classe des vers de Linné, et explication du principe qui la fait différer de celle des classes plus élevées*; par sir Everard Home.

Ce Mémoire, qui est accompagné de planches fort bien dessinées, est trop étranger à l'objet de ce journal pour que nous puissions essayer de le faire connaître.

2. *Observations sur la sangsue vulgaire*; par M. James Rawlins.

M. Rawlins, qui, dans ce Mémoire, s'est proposé d'étudier le mode de propagation des sangsues, ne paraît avoir connu ni le beau travail de feu M. Thomas de Montpellier, publié en 1806; ni le Mémoire de M. Spix, inséré parmi ceux de l'Académie de Bavière pour 1813; ni enfin les observations imprimées dans le nouveau *Bulletin des Sciences*, tome Ier, page 168.

3. *Sur la restauration de l'action des poumons par le moyen du galvanisme*; par M. Wilson Philip.

Nous renverrons à l'extrait que nous donnâmes de ce travail dans le tome III, p. 217, à l'époque où il fut lu à la Société royale. L'auteur affirme avoir guéri radicalement un *sixième* des asthmatiques qu'il a traités; sa méthode n'a

totalement échoué *qu'une fois sur dix* : dans ces cas même, elle procurait un soulagement momentané; jamais elle n'a eu de fâcheux résultats. Il faut espérer que les gens de l'art s'empresseront de répéter des expériences aussi importantes.

4. *Exposé de quelques expériences faites, à la Rochelle, sur la torpille électrique;* par John T. Todd.

M. Todd s'était proposé de rechercher si la torpille peut exercer quelque action volontaire sur ses propres organes électriques, soit pour les arrêter ou pour les mettre en jeu, autrement que par l'intermédiaire des nerfs correspondans.

Il fit une incision qui embrassait les deux organes électriques, et ne laissa entr'eux et le corps de l'animal aucune liaison, si ce n'est par les nerfs. Les commotions ne furent ni détruites ni atténuées. Des sections verticales et longitudinales pratiquées dans l'un et l'autre organe, et même la soustraction de la moitié de chacun d'eux, n'avaient pas privé la torpille de la faculté de donner des commotions.

Les pêcheurs ont remarqué qu'on ne court aucun risque quand on tient ce singulier animal par la queue, ou par cette portion du corps qui est comprise entre les extrémités antérieures des organes électriques. Les décharges sont d'autant plus fortes que la torpille est plus grosse. Une de celles que M. Todd a employées dans ses expériences avait 18 pouces de long (1).

---

(1) On raconte qu'à la Rochelle, où les torpilles abondent, les enfans se jouent de ceux de leurs camarades qui ne con-

5. *Description d'un procédé à l'aide duquel le blé couvert de moisissure peut être complètement purifié*; par Charles Hatchett.

Nous avons déjà fait connaître ce procédé tome III, page 326. M. Hatchett considère la moisissure comme une détérioration de la matière amilacée, produite par l'humidité.

6. *Observations sur une substance astringente végétale de la Chine*; par M. Brande.

M. Brande a examiné cette substance d'après l'invitation de sir Joseph Banks, à qui elle avait été envoyée de la Chine. Elle était étiquetée *Oong Poey*, *espèce de galle employée dans la teinture en noir*. Elle est sous la forme de vésicules irrégulières dont l'enveloppe unie, très-fragile et d'une couleur grise-rougeâtre, a environ un dixième de pouce d'épaisseur, et recouvre une poudre brune dans laquelle on distingue des insectes au moyen du microscope. La grosseur de ces vésicules varie depuis celle d'une petite noix de galle jusqu'à celle d'une grosse châtaigne. Quelques-unes adhèrent aux branches de l'arbre sur lequel elles se sont formées. Duhalde en parle dans sa *Description de l'empire de la Chine*, 1735, p. 496, in-f°. Il en attribue la formation à de petits insectes. Geoffroy a cru qu'elles étaient semblables à celles qui se développent sur l'orme; mais il n'en a point

---

naissent pas encore les propriétés de ce poisson, en leur persuadant d'uriner dessus, et qu'une décharge est aussitôt transmise par le jet de liquide.

donné la preuve, et il paraît, au contraire, d'après la description de Duhalde, qu'elles croissent sur un arbre très-différent.

Cette galle de la Chine a une saveur plus austère, et une astringence plus pure qu'aucune autre substance connue de cette classe; son infusion produit, avec les sels peroxidés de fer, une couleur d'un beau noir, et elle précipite abondamment la gélatine. 100 parties en poudre grossière, infusées dans de l'eau froide jusqu'à ce qu'elles ne lui aient plus rien cédé, ont donné une dissolution d'une couleur brune très-pâle, d'une saveur très-astringente, qui, par l'évaporation à siccité, a laissé un résidu de 75 parties, rougissant fortement le papier de tournesol, se redissolvant très-bien dans l'eau froide, et dans l'alcool à 820 de densité.

Le résidu de la galle, insoluble dans l'eau, équivalait, après avoir été desséché, à 27 parties. L'alcool en sépara 4 parties de résine, et les 23 parties restantes étaient de la fibre végétale.

M. Brande a essayé de séparer de l'infusion de la galle de Chine l'acide gallique, qui paraît y être contenu en quantité considérable. Le moyen proposé par M. Davy, qui consiste à faire bouillir l'infusion avec du carbonate de baryte, et à décomposer ensuite le gallate de baryte par de l'acide sulfurique faible, ne lui a point réussi; mais, en faisant chauffer une forte infusion de galle avec de la chaux vive, et décomposant le gallate de chaux, qui est soluble, par l'acide oxalique, on obtient l'acide gallique presque pur.

Par la distillation, la galle de Chine donne une quantité considérable d'acide gallique, mais salie par de

l'huile empyreumatique ; elle laisse un résidu charbonneux de 38 parties pour cent.

La substance existant dans la noix de galle de la Chine, qui forme un précipité blanc insoluble avec la gélatine, et qui a une saveur purement astringente, est aussi parfaitement soluble dans l'alcool : d'où il suit que l'assertion de plusieurs chimistes concernant l'insolubilité du tannin dans l'alcool ne serait point exacte. Sous ce rapport, le tannin de la galle de Chine ressemble parfaitement à celui du cachou qui a été examiné par M. Davy (*Trans. philos.* 1803) : il est probable que le tannin dont parle M. Bouillon-Lagrange, et qu'il dit être insoluble dans l'alcool, n'était pas pur. (*Ann. de Chim.*, vol. LVI.)

Le manque de matière extractive dans la galle de Chine fait qu'elle est probablement impropre au tannage des cuirs ; car elle les rend très-cassans ; mais, en revanche, elle donne un fort beau noir.

Sous les N$^{os}$ 7 et 8 on trouve deux articles de sir H. Davy ; ils renferment les *recherches sur la flamme et la combustion des mélanges gazeux* dont nous avons déjà donné la traduction dans les Cahiers de mars et d'avril, t. IV, p. 260 et 337. Ce travail, également remarquable par la nouveauté des résultats qu'il contient, et par les heureuses conséquences de pratique que l'auteur a su en déduire, vient d'obtenir, au jugement de la Société royale, le prix fondé par le comte de Rumford.

9. *De la structure des vaisseaux anglais, considérée dans ses derniers perfectionnemens ;* par Charles Dupin, correspondant de l'Institut.

M. l'ingénieur Seppings a fait adopter en Angleterre

un système de construction à l'aide duquel les vaisseaux paraissent avoir plus de force et résistent mieux à la flexion et à la rupture. Les essais qu'on en a faits sur d'anciens vaisseaux de guerre, le *Tremendous*, le *Ramillies* et l'*Albion*, qui avaient nécessité un radoub, et sur d'autres bâtimens construits à neuf, ont été très-heureux. M. Dupin réduit à quatre points principaux les innovations de M. Seppings, 1° remplissage de toutes les mailles au-dessous du faux pont; 2° suppression du vaigrage; 3° remplacement des porques directes par des porques obliques et croisées; 4° liaison des ponts avec le bord par des poteaux montans, une ceinture et des courbes en fer. L'auteur développe les avantages de chacune de ces innovations dans des articles séparés. Des discussions théoriques fort étendues, et dans lesquelles nous avons le regret de ne pas pouvoir entrer, ont conduit M. Dupin à cette conséquence générale que « le nouveau système réunit à un très-haut degré la *solidité* et la *durée*. »

Ce Mémoire renferme une partie historique dans laquelle M. Dupin prouve que le principe reproduit par M. Seppings avait été très-anciennement mis en usage par des constructeurs français, et précisément dans la vue d'empêcher les navires de *s'arquer*. Il cite, à l'occasion des porques obliques, les ouvrages de Duhamel, de Bouguer, de Chauchot, de Groignard et du Suédois Chapman, sans toutefois atténuer le mérite qu'a eu M. Seppings de débarrasser ces anciennes idées de leurs inconvéniens les plus graves. Le Mémoire de notre compatriote a été imprimé dans les *Transactions*, en français. Nous nous plaisons à rappeler toutes ces circonstances

comme des preuves de la libéralité des sentimens dont les savans qui composent le Comité de la Société royale sont animés.

10. *Sur un nouveau platine fulminant*; par Edmund Davy, professeur de chimie et secrétaire de l'Institution de Cork.

Le Mémoire de M. Edmund Davy renferme quelques faits intéressans; mais il est d'une étendue désespérante. Vingt-deux pages in-4° lui suffisent à peine pour traiter du platine fulminant, et cependant l'on sait qu'il existe déjà plusieurs composés de ce genre. M. Edmund Davy verra, par le passage suivant, qu'un chimiste célèbre, M. Proust, était parvenu à dire sur le même objet beaucoup de choses en peu de mots.

« Je n'ai point parlé du platine fulminant ni de son » oxide pur. Le premier s'obtient en décomposant le » muriate de platine ammoniacal par la potasse, et le » second en traitant de même le muriate de platine *po-* » *tassé*. Le platine fulminant ne détonne pas aussi faci- » lement, et veut plus de chaleur que l'or fulminant. » (*Ann. de Chim.*, vol. XLIX, p. 179.)

Pour préparer le platine fulminant, M. E. Davy commence par faire du sulfate de platine en traitant le sulfure par l'acide nitreux : on ajoute ensuite à la dissolution de l'ammoniaque en léger excès, et il se forme un précipité qu'on fait bouillir presque jusqu'à siccité avec une forte dissolution de potasse, et qui, après avoir été bien lavé et séché, est le platine fulminant dont la découverte appartient incontestablement à M. Proust.

Ce composé est en poudre d'une couleur brune, variant du brun clair au chocolat sombre, et même au noir,

suivant la force de la potasse et le temps qu'on l'a fait bouillir avec lui. Chauffé graduellement à la dose d'un grain, il détonne avec lumière et fait entendre un bruit plus fort qu'un coup de pistolet. La température à laquelle la détonnation a lieu est d'environ 204°; elle a été déterminée en projetant la poudre sur du mercure échauffé. L'or fulminant demande à fort peu près le même degré de chaleur. Le platine fulminant ne détonne point par le frottement, à moins qu'il ne soit bien sec, et que le mortier dans lequel on le frotte ne soit échauffé : encore l'effet est-il faible et seulement accompagné de légers craquemens. M. E. Davy n'a pu réussir à le faire détonner par le choc, ainsi que l'or fulminant, même dans un mortier échauffé (1).

Le platine fulminant n'est point soluble dans l'eau; les acides le décomposent sans dégager aucun gaz : chauffé dans le gaz hydrochlorique, il se convertit en chlorure de platine et en hydrochlorate d'ammoniaque. Le chlore et le soufre le décomposent aussi par le moyen de la chaleur. Si on le fait détonner dans un tube de verre d'un

---

(1) On serait porté à croire que l'expérience n'a pas été faite dans des circonstances convenables; car le choc est un moyen de produire ces effets bien plus efficace que le frottement, qui cependant fait détonner l'or fulminant, et même le platine. Il est vrai que le frottement échauffe graduellement toute la masse, au lieu que le choc n'échauffe que quelques points : il est probable que la chaleur dégagée par la détonnation de ces points n'élève pas suffisamment, dans le cas actuel, la température des parties environnantes. Néanmoins il est prudent d'être en garde contre cette expérience.

petit diamètre, rempli de mercure, il donne de l'azote : ainsi on ne peut douter qu'il ne renferme de l'oxide de platine et de l'ammoniaque. 10 grains chauffés avec de l'acide hydrochlorique jusqu'à siccité, puis calcinés, ont laissé 7,375 de platine. On a obtenu exactement le même résultat en décomposant la poudre fulminante par le soufre. On peut conclure de là que 100 parties de platine fulminant contiennent 73,75 de métal.

En traitant la poudre fulminante par l'acide nitrique, il se forme du nitrate d'ammoniaque qui finit par se décomposer par la chaleur, et il reste un oxide de platine pur que M. E. Davy croit nouveau. 10 grains de poudre laissent 8,25 d'oxide, ou 82,5 pour cent, et cet oxide, décomposé par la chaleur, donne :

| | | |
|---|---|---|
| Platine, | 88,3 | 100,00; |
| Oxigène, | 11,7 | 13,25 (1). |

M. E. Davy a essayé de déterminer la proportion de l'ammoniaque que contient le platine fulminant en le

(1) On trouve 11,86, au lieu de 13,25, d'après le résultat que 10 de poudre fulminante laissent 7,375 et 8,25 d'oxide. Si c'est un oxide nouveau, ce n'est certainement pas celui qui est contenu dans le platine fulminant; car le dernier doit être évidemment le même que celui qu'on obtiendrait en décomposant la dissolution de platine par la soude. Comme M. E. Davy obtient son oxide en décomposant le platine fulminant par l'acide nitrique, et en exposant le mélange à la chaleur qu'il porte graduellement jusqu'au rouge sombre, il est bien possible que le platine perde une portion de son oxigène. Au reste, M. E. Davy annonce de nouvelles recherches sur cet oxide.

faisant détonner par la chaleur; mais les vases étaient constamment brisés. Il n'a pu réussir qu'en mettant la poudre dans des tubes très-étroits remplis de mercure, et il a trouvé qu'il se dégageait de l'eau et du gaz azote mêlé avec un peu de gaz ammoniacal. Comme la quantité d'eau lui a paru plus grande que celle qui aurait dû se produire aux dépens de l'oxigène de l'oxide et de l'hydrogène de l'ammoniaque, il a admis ce liquide au nombre des parties constituantes du platine fulminant, et il le croit composé de :

| | |
|---|---|
| Platine, | 73,75; |
| Oxigène, | 8,75; |
| Eau et ammoniaque, | 17,50. |

Ou, par approximation, de :

| | |
|---|---|
| Oxide de platine, | 82,5; |
| Ammoniaque, | 9,0; |
| Eau, | 8,5. |

Mais les expériences de M. E. Davy ne sont suffisantes ni pour donner les véritables proportions du platine fulminant, ni pour faire admettre l'eau au nombre de ses élémens (1).

(1) M. Edmund Davy nous saura gré de lui rappeler un vieux procédé de Schéele pour décomposer par la chaleur les poudres fulminantes, et qui consiste à les mêler avec du sable, du sel, etc. en proportion considérable. La chaleur ne pénètre alors la masse que peu à peu, et la décomposition, étant successive, ne présente aucun danger.

11. *Sur la parallaxe des étoiles fixes*; par John Pond, astronome royal.

Le Mémoire de M. Pond renferme un grand nombre d'observations de déclinaison faites à Greenwich avec le nouveau cercle mural. Nous nous proposons de consacrer bientôt un article séparé à cet important travail, et d'en comparer les résultats à ceux qu'ont obtenus les astronomes à qui les instrumens actuels ont inspiré assez de confiance, pour attaquer la question de la distance des étoiles.

12. *Sur les restes fossiles de rhinocéros découverts par M. Whitby dans une caverne qui fait partie de la roche calcaire avec laquelle on construit la chaussée de Plimouth*; par sir Everard Home.

La caverne dans laquelle on a trouvé les ossemens qui font l'objet de ce Mémoire est à un mille de Plimouth, dans une carrière de pierre calcaire : elle avait, quand on la découvrit, 15 pieds de large, 45 pieds de long et 12 pieds de profondeur. Toute sa capacité était remplie d'argile. M. Whitby ne pense pas qu'elle ait jamais eu aucune communication avec l'extérieur au travers des masses de pierre qui la recouvraient. L'élévation primitive de la carrière était de 74 pieds au-dessus de la haute mer; les ossemens furent trouvés à 70 pieds au-dessous du sommet, ou 4 pieds du niveau de l'Océan; la distance de la caverne à la face du roc tournée vers la mer n'était pas moindre que 160 pieds : telle est donc l'étendue de roche qu'on avait exploitée horizontalement avant d'atteindre les ossemens.

En examinant la liste des ossemens envoyés par M. Whitby à sir Joseph Banks, on voit qu'ils ont dû appartenir aux squelettes de trois individus distincts. Toutes les pièces sont dans un état de conservation remarquable ; l'os métacarpe, par exemple, est parfaitement intact. La forme et la structure des dents ne laissent aucun doute que tous ces restes fossiles appartiennent à des rhinocéros : on arriverait à la même conclusion d'après l'os métatarse, qui est, comme on sait, deux fois plus long dans cette classe d'animaux que chez l'éléphant.

Dans un squelette de rhinocéros que possède M. Brook, chirurgien à Bleinheim-Street, et qui est regardé comme le plus considérable qu'on ait jamais vu en Angleterre (il a 5 pieds 8 pouces de haut), l'os métacarpe a 7 ½ pouces de long et 2 ½ pouces de large. Le métacarpe fossile a 8 ½ pouces de long et 2 ¼ pouces de large.

M. Brande, secrétaire de la Société royale, a analysé une portion d'un de ces ossemens fossiles et une dent.

L'os chauffé exhala à peine une légère odeur de matière animale, et ne perdit rien de sa blancheur naturelle. Il se trouva composé ainsi qu'il suit :

| | |
|---|---|
| Phosphate de chaux, | 60; |
| Carbonate de chaux, | 28; |
| Matière animale, | 2; |
| Eau, | 10. |

La dent donna :

| | |
|---|---|
| Phosphate de chaux, | 78; |
| Carbonate de chaux, | 8; |
| Matière terreuse étrangère, | 8; |
| Matière animale, eau et perte, | 6. |

M. Brande fit en même temps l'analyse d'une dent de rhinocéros et du tibia d'un hippopotame trouvés à Brentford.

La dent fournit :

| | |
|---|---|
| Phosphate de chaux, | 70; |
| Carbonate de chaux, | 6; |
| Matière terreuse étrangère, | 20; |
| Matière animale et eau, | 4. |

Quant au tibia d'hippopotame, il contenait :

| | |
|---|---|
| Phosphate de chaux, | 50; |
| Carbonate de chaux, | 5; |
| Silice, | 24; |
| Alumine, | 10; |
| Oxide de fer, | 4; |
| Eau, | 2; |
| Matière animale, | 5. |

Nous terminerons par les résultats de l'analyse que M. Brande a faite de la côte d'un poisson fossile trouvé à Lyme.

| | |
|---|---|
| Phosphate de chaux, | 50; |
| Carbonate de chaux, | 19; |
| Alumine, | 15; |
| Silice, | 5; |
| Eau, | 8; |
| Matière animale, | 3. |

*Observations météorologiques de Londres pour* 1816.

J'ai inscrit, dans le tableau ci-joint, le résumé des observations thermométriques faites à Londres, en 1816,

dans l'hôtel de la Société royale. Il serait, ce me semble, à desirer qu'on observât le baromètre à midi, cette heure jouissant, comme M. Ramond l'a montré, de la propriété de fournir une moyenne presque tout-à-fait indépendante de la période diurne. De telles observations seraient préférables à celles de 3 heures après midi, qui doivent, évidemment, donner un résultat trop petit.

| Mois. | Température moyenne. | Plus grande hauteur du thermomètre. | Moindre hauteur du thermomètre. | Quantité de pluie en centimèt. |
|---|---|---|---|---|
| | centigr. | centigr. | centigr. | |
| Janvier, | + 5°,8. | + 8°,9. | — 3,9. | 1,862. |
| Février, | + 3,9. | + 12,8. | — 7,2. | 4,127. |
| Mars, | + 5,4. | + 11,7. | 0,0. | 1,080. |
| Avril, | + 8,5. | + 17,8. | + 1,7. | 2,591. |
| Mai, | + 11,8. | + 19,4. | + 5,0. | 2,291. |
| Juin, | + 14,5. | + 21,1. | + 8,0. | 2,365. |
| Juillet, | + 14,9. | + 20,6. | + 11,4. | 7,084. |
| Août, | + 16,1. | + 20,6. | + 11,7. | 2,987. |
| Septemb., | + 16,5. | + 20,6. | + 11,7. | 2,094. |
| Octobre, | + 11,4. | + 20,6. | + 2,8. | 2,255. |
| Novemb., | + 5,3. | + 11,7. | — 3,3. | 5,385. |
| Décemb., | + 4,2. | + 10,6. | — 3,9. | 4,422. |

Moyenne = + 9°,7.

La température moyenne de Londres, déduite d'une longue suite d'observations, paraît être de + 10°,2 centigrades. En 1816, on ne trouve que + 9°,7. Cette année, à Londres comme à Paris, a donc été au-dessous de la moyenne.

Si le lecteur prend la peine de comparer cette table à celle que nous avons donnée dans le dernier Cahier du

tome III, page 441, il verra qu'en 1816, la température moyenne de Londres a surpassé celle de Paris, non-seulement en considérant toute l'année en masse, mais encore dans chacun des mois pris séparément. Le mois le plus chaud de Londres, celui de septembre, a donné + 16°,3. Dans le mois le plus chaud de Paris, celui de juillet, on n'a trouvé que + 15°,6.

Les variations de température embrassent à Paris un bien plus grand nombre de degrés de l'échelle thermométrique qu'à Londres. Dans cette dernière ville, la température n'est pas descendue en 1816 au-dessous de — 7°,2 centigrades, et n'a pas dépassé + 21°,1. A Paris, on a observé des froids de — 10°,7, et des chaleurs de + 28°,0.

En 1816, il est tombé à Paris 54,54 centimètres de pluie ; à Londres, on n'en a recueilli que 38,54. Comme la quantité d'eau est d'autant moindre qu'on la reçoit dans un vase plus élevé, il est bon de remarquer que le récipient de la Société royale est 23 mètres (75 pieds 6 pouces anglais) au-dessus du sol environnant, et 33,75 mètres (114 pieds) au-dessus du niveau de la Tamise, à la marée basse : celui de l'Observatoire de Paris est à 30 mètres du sol.

---

A Londres, la déclinaison moyenne de l'aiguille aimantée, en juin 1816, était 24°.18' ouest ;

| | |
|---|---|
| en juin 1814, | 24°.17' ouest. |
| en juillet 1814, | 24°.18'. |
| en août 1814, | 24°.21'. |
| en septembre 1814, | 24°.20',5. |

## *A Messieurs les Rédacteurs des* Annales de Chimie et de Physique.

« C'est une doctrine généralement professée en France que l'amidon n'est pas susceptible de la fermentation alcoolique, et qu'il ne le devient qu'après avoir passé par l'état de matière sucrée. On considère la germination des grains, l'espèce de torréfaction qu'ils éprouvent sur les séchoirs des brasseurs, et la coction prolongée qu'on fait quelquefois subir aux liqueurs amilacées qu'on veut rendre vineuses, comme des moyens de transformation de l'amidon en sucre.

» M. Proust vient d'énoncer aussi cette opinion dans son Mémoire *sur l'Orge germée*, dont j'ai entendu la lecture à l'Académie des Sciences; son autorité va de nouveau la soutenir, et cependant elle se trouve en opposition avec des procédés très-répandus. Je me permettrai de les rappeler à l'attention de M. Proust et de vos lecteurs, pour obtenir que la question soit de nouveau examinée.

» On obtient en abondance de l'eau-de-vie des pommes de terre sans autre apprêt que leur cuisson par la vapeur. On les broie le mieux possible, et on en fait une pâte qu'on étend d'eau; on y ajoute un peu de farine crue et de levure; la fermentation s'excite, et en peu d'heures on obtient une liqueur qui, passant à l'alambic, donne de l'eau-de-vie en quantité suffisante pour que ce procédé soit utile.

» Les distillateurs anglais et écossais sont depuis long-temps, je crois, dans l'usage de fabriquer de l'eau-de-vie aussi-bien avec la farine d'orge crue qu'avec celle

d'orge maltée. Les produits sont à très-peu-près les mêmes ; c'est ce qui a été établi avec beaucoup de soin dans l'ouvrage présenté en 1806 à la Chambre des Communes par les commissaires de l'Excise.

» J'ai eu occasion de répéter ce procédé sur la farine de seigle, et j'ai trouvé qu'elle donnait autant d'eau-de-vie sans préparation qu'après la germination du grain.

» Il me semble donc que l'on doit mettre quelque restriction à l'opinion qu'on avait adoptée sur la nécessité de la germination pour la production de l'alcool, et que cette question exige de nouvelles recherches. Si ma remarque avait l'effet d'engager M. Proust à les entreprendre, je croirais avoir servi la science en vous l'adressant.

» Paris, 25 août 1817.

» CLÉMENT. »

---

## Notice historique *sur la Décortication des Arbres, et sur les conséquences qu'on en a tirées pour démontrer la marche de la sève* (1).

Par M. Dupetit-Thouars.

Les partisans du principe que la *sève monte par le bois et descend par l'écorce* se fondent assez générale-

(1) Par un défaut d'attention, on a mis, dans l'extrait du Mémoire de M. Knight, tome IV, page 425, que, suivant lui, la sève *monte par l'écorce et descend par le bois* ;



ment sur l'expérience de la *circoncision*, c'est-à-dire, l'enlèvement d'un anneau complet d'écorce.

On en trouve la première idée dans les *Transactions philosophiques* dès les premiers temps de leur publication. La Société royale, dans son origine, voulant exciter les recherches, présentait des séries de questions auxquelles elle invitait ses correspondans de répondre.

C'est dans ce but que, dans le Numéro 40, qui parut au mois d'octobre 1668, elle proposa vingt questions sur la physiologie végétale, très-importantes la plupart, et parmi lesquelles il s'en trouve dont la réponse serait encore difficile à faire. Voici la *cinquième :*

« On demande si lorsqu'on enlève une zone complète
» d'écorce, d'environ deux ou trois doigts de hauteur, vers
» la base d'un rameau, ce rameau périt, ou bien s'il perd
» ses feuilles ? S'extravase-t-il du suc, soit en haut, soit en
» bas ? Se reproduit-il des feuilles des rameaux ou des bour-
» geons, soit au-dessus, soit au-dessous de la plaie ? »

La Société ne tarda pas à recevoir des réponses très-curieuses sur presque toutes ces questions, et notamment sur celle-ci : elle les fit paraître dans le 43$^{me}$ Numéro, publié au mois de janvier suivant.

Le D$^{r}$ Beale affirma, d'après ses expériences, qu'à l'égard de presque tous les arbres indigènes d'Angleterre, comme le chêne, l'orme et le peuplier, dès qu'on pratiquait la circoncision sur quelques-uns de leurs rameaux,

---

c'était le contraire qu'il fallait dire, et c'est une des propositions de physiologie végétale qui paraît avoir le plus grand nombre de partisans. . . . . .

ils ne tardaient pas à périr; mais que la partie inférieure continuait à végéter.

Que le frêne seul résistait; qu'il en avait vu plusieurs dont l'écorce avait été rongée totalement par les animaux, jusqu'à quatre pieds au-dessus du sol, et qui continuaient cependant à végéter. Que si sur l'espace décortiqué il se trouvait quelques pièces d'écorce isolées et intactes, elles se maintenaient en pleine végétation.

Il ajoute que si sur toutes les espèces d'arbres qu'il a indiquées on applique, dans l'endroit décortiqué, un enduit de terre, et qu'on le maintienne toujours à un certain degré d'humidité, non-seulement la branche ne périra pas, mais qu'il sortira des racines du bord supérieur de la plaie, et qu'ainsi on pourra en former un nouvel arbre : c'est la marcotte par incision.

Le Dr Ezekiel Tonge, dans ses réponses à la même question, certifie que sur un grand nombre d'arbres, le tilleul entr'autres, la circoncision complète n'empêche point la branche ou la partie supérieure de végéter, et qu'elle se développe aussi-bien que les parties qui sont restées dans leur état naturel; et cela pendant plusieurs années, parce que, dit-il, le *suc ascendant* peut également arriver par tous les pores des tuniques intérieures ou cercles annuels du *corps ligneux*.

Il faut remarquer que, dans la réponse qu'il a faite à la troisième question, il a dit positivement qu'il pensait que le suc montait seulement et ne descendait pas : mais qu'il était déposé successivement dans les différentes parties, pour les accroître ou pour en former de nouvelles.

On trouve, dans les Numéros suivans, d'autres ré-

ponses qui contiennent encore des traits importans; mais leur extrait nous mènerait trop loin.

Dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de 1706, Parent, citant l'exemple d'un orme du Luxembourg qui avait survécu à une décortication totale, se livre à quelques conjectures sur ce sujet.

Dans ceux de 1709, Magnol, en publiant des *Observations sur la circulation de la sève*, apprend que, de temps immémorial, on pratiquait la circoncision sur de vieux pieds d'olivier qu'on renouvelait par la greffe, dans le but de leur faire produire une abondante récolte de fruits, avant de les étêter; et il donne la description d'un couteau à double lame pour faire cette opération avec plus de précision.

Blair, dans ses *Essais*, publiés en 1720, rassembla tout ce qu'on avait découvert jusqu'alors sur cette opération, pratiquée dans la vue de favoriser la production des fruits, et il la désigna le premier sous le nom de *circoncision*. Il annonça que la plaie tendait à se recouvrir par l'empiètement successif du bourrelet supérieur; mais il déclara positivement que, suivant son *humble opinion*, l'écorce et le bois étaient nourris chacun par leurs propres tubes.

En 1722, Frisch raconta, dans le *Miscellanea berolinensia*, qu'un seigneur de la Marche de Brandebourg, M. de Hunneken, qui cultivait avec beaucoup de soin les nombreux vergers de sa terre de Carpzow, croyant s'apercevoir que ses arbres devenaient stériles à mesure que leur écorce devenait trop raboteuse, s'avisa, pour y remédier, de les décortiquer complètement depuis le ni-

veau du sol jusqu'à la naissance des branches, mettant sur tout cet espace le bois entièrement à nu; que, les laissant ainsi exposés au grand air, sans autre abri qu'un lambeau de toile tendue qui faisait écran du côté du midi, il arrivait cependant que, dans un très-court espace de temps, aucun de ces arbres ne manquait de reproduire une nouvelle écorce complète, par le moyen de laquelle ils se trouvaient entièrement rajeunis, sans laisser aucune trace de malaise. Il ajoute, pour seule circonstance, qu'il choisissait l'instant du solstice d'été pour faire cette opération. Il paraît que l'on ne fit aucune attention à cette annonce, et qu'elle trouva presqu'autant d'incrédules que de lecteurs; cependant elle fut assez répandue; car il en parut une traduction française dans le *Mercure de France* de décembre 1731, et dans les *Mémoires littéraires sur différens sujets,* traduits de l'anglais par Eydous, 1750.

En 1727, parut l'immortel ouvrage de la *Statique des végétaux*, de Hales. Parmi le grand nombre d'expériences qui en font la base se trouve celle-ci : plusieurs circoncisions, à quelques distances les unes des autres, ayant été pratiquées sur de jeunes branches de poirier, il en résulta des anneaux isolés d'écorce : les uns avaient des bourgeons, les autres n'en avaient pas; sur ceux qui en avaient il se trouvait à la base un bourrelet; les autres n'en avaient pas.

Vers ce temps, Buffon et Duhamel firent, en commun, de nombreuses expériences sur la décortication, dans le but principal de savoir s'il est avantageux de pratiquer cette opération quelque temps avant d'abattre les arbres, pour améliorer leur bois; ce qu'ils décidèrent par l'affir-

mative : mais depuis, plusieurs auteurs allemands ont soutenu le contraire.

En 1733, le père Sarrabat, sous le nom de *la Baisse*, dans une *Dissertation sur le mouvement de la sève*, couronnée par l'Académie de Bordeaux, chercha à prouver que la sève monte par le bois et descend par l'écorce, par le moyen ingénieux des injections; mais il se servit, pour l'appuyer, de la décortication, et cita, d'après le *Mercure*, l'expérience de Berlin : il ne paraît pas douter de sa réussite.

En 1758, Duhamel, dans sa *Physique des Arbres*, traita de la décortication à sa manière accoutumée, c'est-à-dire, en examinant avec soin ce qui avait été dit à ce sujet, répétant toutes les expériences précédentes, en tentant de nouvelles, qu'il exécutait avec adresse et prolongeait avec une patience admirable. Il passa donc en revue tous les moyens employés jusque-là pour priver les arbres de leur écorce, depuis les plus petites plaies jusqu'aux plus grandes. Il suivit avec le même soin les efforts de la nature pour la réparation. Ainsi, après avoir vu les bourrelets se prolonger sur le bord latéral des plaies, il les vit suivre les contours d'un hélice, ayant découpé l'écorce de cette manière.

Ayant laissé l'écorce en place après l'avoir détachée de différentes manières sur trois côtés, il la vit se recouvrir sur la partie intérieure de *boursoufflures*, sous lesquelles il trouva une nouvelle écorce et un nouveau bois; de là il se crut autorisé à annoncer que, dans certaines circonstances, l'écorce produisait du bois. Voyant les mêmes *boursoufflures* paraître sur le bois mis à nu, il déclara encore que celui-ci pouvait produire de l'écorce.

Encouragé par l'exemple cité de Parent, il se détermina à décortiquer des arbres entiers; mais, soit qu'il ne connût pas l'expérience de Hunneken, soit qu'il n'y ajoutât pas de foi, il ne voulut pas les laisser au grand air : il les recouvrit de feuilles, et ce fut à cet abri qu'il attribua la réparation complète qu'il obtint. Il observa avec beaucoup de soin les *boursoufflures* d'abord isolées, ensuite confluentes, qui parurent la déterminer; il les regarda comme l'extravasion du *cambium*. Pour s'en assurer, il s'avisa de tenir une plaie annulaire continuellement sous l'eau, par le moyen d'un entonnoir de verre mastiqué au-dessous, et il vit les boursoufflures paraître et se prolonger de manière à recouvrir totalement la plaie. Il en conclut que ce n'était point un suc extravasé; car il se serait mêlé avec l'eau à mesure qu'il se serait produit. Il imagina ensuite de passer des fils d'argent à différentes profondeurs dans l'écorce et dans le bois; d'intercepter la communication par des lames d'étain; mais les résultats souvent contradictoires en apparence qu'il obtint, ne purent lever les doutes qu'il avait sur la marche de la sève.

Duhamel remarqua aussi que sur quelques arbres, comme l'orme, il se manifeste un bourrelet assez considérable à la partie inférieure de la plaie annulaire; qu'il en sort des tubercules qui, grossissant insensiblement, deviennent de véritables bourgeons; d'où il résulte, en peu de temps, un nombre considérable de jeunes branches.

En 1788, M. Lancry, à l'article *Bourrelet* du *Dictionnaire d'Agriculture de l'Encyclopédie* par ordre de matières, donna beaucoup de détails sur la décortication; il remarqua que la grosseur du bourrelet supérieur était

en raison du nombre de branches qui s'étaient développées au-dessus.

En 1798, M. Cotta, dans un Mémoire couronné par l'Académie impériale d'Erlang, paraît avoir examiné avec soin tous les phénomènes de la décortication dont il se sert pour soutenir l'opinion, que la sève ne monte ni par l'écorce, ni par la moelle, mais par le bois. Tout en répétant les expériences anciennes, il a voulu se les rendre propres en les perfectionnant ou en examinant avec plus de soin leurs circonstances.

Ainsi, il a remarqué que, dès la première année, il y a formation de bourrelet supérieur, et augmentation au-dessus; qu'ordinairement il n'y a ni l'un ni l'autre en bas, à moins qu'il ne s'y trouve un bourgeon.

Il a vu, comme Duhamel, la réparation s'opérer sur le bois par la production de mamelons isolés; mais poussant plus loin cette observation, il a cru découvrir, par le moyen du microscope, que chacun d'eux était produit par la transsudation d'un rayon médullaire, et qu'ensuite ils tendaient à se réunir; de sorte que, suivant lui, toute la matière qui formait la réparation sortait hors du corps de l'arbre.

Il a annoncé qu'il avait vu, dans le sureau, la moelle même reproduire du nouveau bois.

M. Cotta conclut de toutes ses observations que le suc cru monte par le bois, et que le suc élaboré descend par l'écorce; qu'il monte de nouveau dans la plante, et qu'il est porté latéralement en toutes directions.

C'est en 1795 que M. Knight a commencé à publier ses observations dans les *Transactions philosophiques*, et depuis il les a disséminées dans les volumes suivans

jusqu'en 1816, à des époques plus ou moins reculées. Travaillant isolément, et consultant plutôt la nature que les livres, il paraît que ce n'est que fortuitement qu'il se rencontre avec les auteurs qui ont écrit avant lui.

Il a confirmé le plus grand nombre des expériences de décortication ; ainsi, il a vu que l'augmentation avait lieu au-dessus de la plaie annulaire, et qu'il n'y en avait en-dessous que lorsqu'il s'y trouvait un bourgeon.

Il s'arrête à cette conclusion que la sève monte par les vaisseaux de l'aubier et jusque dans les feuilles par les vaisseaux spiraux ; qu'elle s'y prépare, et qu'ensuite elle descend par les faisceaux de fibres corticales ; que celles-ci ne peuvent conduire la sève que dans ce sens, attendu qu'elles ont des valvules comme les veines des animaux, qui contrarient la marche opposée. (*Extrait de Vrieser.*)

En 1812, M. de Palisot de Beauvois a lu, à l'Académie royale des Sciences, des observations sur des pièces d'écorce, isolées de tous côtés, qui cependant ont végété ; ainsi elles se trouvaient dans le même cas que celles observées sur le frêne, par Béale, en 1668.

Dans une addition faite à ce Mémoire, en l'imprimant dans le *Recueil de l'Académie*, il prétend qu'il n'y a de réparation sur la surface du bois décortiqué, que lorsqu'on a laissé quelque portion de *liber;* ce dont on peut s'assurer par le moyen d'une loupe.

Voilà donc la suite de connaissances qu'on a acquises sur la décortication des arbres, et sur lesquelles on s'est appuyé pour démontrer que la sève monte par le bois et descend par l'écorce.

M. Dupetit-Thouars, ayant répété toutes ces expé-

riences et en ayant imaginé de nouvelles, en a tiré d'autres conséquences que nous ferons connaître dans un prochain Cahier.

---

## Sur *un moyen d'empêcher la Vigne de couler et de hâter la maturité du Raisin.*

PAR M. LAMBRY,

Pépiniériste à Mandre, canton de Boissy-Saint-Léger.

M. LAMBRY, propriétaire d'une vigne exposée à l'ouest et qui par conséquent est fort sujette à couler dans les années pluvieuses, a reconnu depuis long-temps que, pour éviter cet accident, *il suffit d'enlever une section circulaire de l'écorce des sarmens.* Plusieurs procès-verbaux rédigés par les autorités du canton, plusieurs rapports faits par les commissaires de la Société d'Agriculture de la Seine ont constaté le succès de ce singulier procédé, qui, du reste, avait déjà été indiqué par d'anciens auteurs comme un moyen d'augmenter et d'accélérer la récolte des fruits. On ne saurait donc trop recommander la brochure que M. Lambry vient de publier, à l'attention des agriculteurs.

---

# Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

## *Séance du lundi 4 août 1817.*

L'Académie a entendu la Commission qu'elle avait chargée, dans la séance du 28 juillet, de lui présenter un rapport sur la proposition faite par une personne qui veut rester inconnue, de donner 3000 francs à l'inventeur des machines et des procédés les plus simples, les plus efficaces et les moins dispendieux, pour extraire du lin et du chanvre la plus grande quantité et la meilleure qualité de la matière propre à la filature.

Cette question est certainement très-importante, surtout sous le rapport de la salubrité publique. Suivant la manière actuelle de travailler le lin et le chanvre, le rouissage, lorsqu'il est pratiqué dans des eaux stagnantes, occasionne l'exhalaison d'un gaz délétère qui est souvent, dans nos campagnes, le germe de maladies fâcheuses. Lorsqu'il est exécuté dans les eaux courantes, il fait périr le poisson, et agit très-inégalement sur les différentes parties de la masse. Dans les deux cas, il diminue la quantité et plus encore la force des produits. La Commission, toutefois, n'a pas jugé à propos de mettre cette question au concours. MM. Lee, Hill et Bondy ont imaginé, pour cet objet, des machines dont on dit beaucoup de bien, et qui étant déjà très-répandues en Angleterre, en Ecosse et en Irlande, ne pourront rester longtemps inconnues; les commissaires ont vu, d'ailleurs, au Conservatoire des Arts et Métiers, une machine inventée par M. Christian, directeur de cet établissement, et qui

leur a paru propre à remplir les vues de l'anonyme; car elle est, disent-ils, simple, peu coûteuse et d'une facile manutention. La filasse sort très-belle, parfaitement dégagée; on obtient $\frac{13}{32}$ de la substance première : les Anglais ne paraissent pas avoir retiré plus du tiers. Le nouvel appareil sera présenté par M. Christian dans la prochaine séance.

M. Laplace lit un Mémoire *sur l'Application du calcul des probabilités aux opérations géodésiques*. (*Voyez* plus haut, page 351.)

Au nom d'une Commission, M. Girard fait un rapport sur un Mémoire de M. Armand de Maizière.

L'île de Ténériffe offre le phénomène suivant : chaque impulsion de la houle dans une grotte fait jaillir, par un trou situé dans la partie supérieure, un jet d'eau d'une grande élévation.

M. de Maizière, instruit de ce fait, en donne l'explication que voici :

Il *suppose* que le sol de la grotte est incliné vers le fond, et que le trou est une espèce de cheminée ou de conduit, dont la naissance est dans la partie la plus basse de la grotte. L'eau que la vague, en se retirant, laisse dans l'antre occupe la base du conduit, et ferme cette communication de l'air intérieur de la grotte avec l'atmosphère, de sorte qu'au retour de la lame, l'air, étant comprimé dans l'antre, réagit sur l'eau du conduit, l'y élève et forme le jet observé.

M. de Maizière a cherché s'il ne serait pas possible d'imiter artificiellement ce phénomène. Il propose pour cela de pratiquer, dans le massif d'une côte qui s'élèverait verticalement au-dessus d'une mer sujette au flux et

au reflux, une cavité horizontale cylindrique dans laquelle pourrait glisser, du dehors au dedans et du dedans au dehors, une espèce de piston. Ce piston, submergé lorsque les vagues s'élèveraient au-dessus de l'orifice du cylindre, serait poussé au dedans par le choc des vagues; tandis que, lors de leur abaissement, il serait ramené par un contre-poids dans sa position primitive. L'air enfermé entre le piston et le fond de la cavité se trouverait, par le mouvement de cette espèce d'obturateur, alternativement comprimé et ramené à la pression ordinaire de l'atmosphère; de sorte qu'en érigeant verticalement à la partie postérieure du cylindre horizontal dans lequel s'exercerait le jeu du piston, un tuyau de dimensions déterminées qui serait toujours rempli de liquide, l'action de l'air comprimé sur la surface de cette colonne d'eau la ferait jaillir au-dessus de l'orifice supérieur du tuyau.

Les commissaires pensent que, si l'art peut mettre à profit l'observation faite sur la côte de Ténériffe, ce sera par l'imitation exacte du phénomène naturel qu'elle présente, c'est-à-dire, en faisant agir immédiatement les vagues de la mer pour opérer sans l'intermédiaire d'aucune construction mobile.

M. Latreille lit un Mémoire *sur le Système métrique des anciens.*

M. Ménard de La Groie lit un Mémoire *sur les Salzes ou Volcans d'air.*

M. Berthollet, au nom d'une Commission, présente deux candidats pour la place de professeur à l'école de pharmacie de Montpellier : ce sont MM. Bérard et Duportal. On discute leurs titres.

On nomme, au scrutin, la Commission qui doit présenter une liste de candidats pour la place d'associé étranger vacante par la mort de Werner : elle est composée ainsi qu'il suit : MM. Laplace, Delambre, Le Gendre, Berthollet, Thenard et Lacépède.

*Séance du lundi* 11 *août.*

M. Thilorier communique une observation sur un mouvement d'un écureuil analogue au vol. M. Duméril commissaire.

On procède à l'élection d'un candidat à la place de professeur à l'école de pharmacie de Montpellier. M. Bérard est nommé.

M. Charles lit pour M. Christian la *Description d'une machine propre à serancer le lin.*

On lit un Mémoire de M. Proust *sur l'Orge germée.* (*Voyez* plus haut, page 337.)

M. Ménard de la Groie continue la lecture de son Mémoire *sur les Volcans d'air.*

On présente en comité secret la liste de candidats pour la place d'associé étranger : elle se compose, en conservant l'ordre de présentation, de MM. Davy, Piazzi, Gauss, Wollaston, Jacquin, de Buch et Brown.

*Séance du lundi* 18 *août.*

On procède à l'élection d'un associé : la majorité des suffrages s'est réunie sur M. Piazzi.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire communique la suite du travail qu'il a entrepris, sur la comparaison des squelettes osseux des différentes espèces d'animaux.

M. Montègre commence la lecture d'un Mémoire *sur les hémorragies, et spécialement sur celles de la vessie.*

*Séance du lundi 25 août.*

M. Puissant présente, en manuscrit, un premier extrait de la nouvelle édition qu'il se propose de donner de sa *Géodésie*. (Il est renvoyé à l'examen d'une commission.)

M. Duméril lit un rapport sur le Mémoire de M. Edwards *relatif à l'Asphyxie, considérée chez les batraciens*. (*Voyez* ci-dessus, page 356.)

Au sujet de la conclusion que M. Edwards a tirée de ses expériences, *que l'air a une action vivifiante sur l'économie des batraciens, indépendamment de son influence par l'intermède de la circulation du sang et de la respiration*, les commissaires ont cru devoir lui rappeler que l'eau, à la même température que l'air, enlevant plus de chaleur aux animaux qui y sont plongés (*voyez* Godwin, liv. IV), cette circonstance pouvait avoir influé sur les résultats que les expériences ont présentés. M. Edwards se propose de répondre d'une manière positive à cette observation, dans un prochain Mémoire.

M. Duméril présente, à cette occasion, une salamandre qui vécut plus de trois mois après l'amputation de la tête et la formation d'une parfaite cicatrice au col, laquelle devait intercepter le passage de l'air dans les poumons.

Pour fortifier les résultats de M. Edwards sur l'influence de la transpiration cutanée, les commissaires citent l'expérience suivante faite sous leurs yeux.

Deux tritons de même poids et de même vigueur ont été déposés dans deux capsules de verre; l'un au milieu d'un bocal rempli d'air atmosphérique humide, et clos par un obturateur de vessie; l'autre dans un bocal sem-

blable et rempli du même air, mais au fond duquel on avait déposé une certaine quantité de muriate de chaux bien sec. Au second jour, le triton placé dans ce dernier bocal fut trouvé mort dans un état complet de dessiccation; tandis qu'au quatrième jour, l'autre était très-vivant et n'avait diminué ni de poids ni de volume.

Le Mémoire de M. Edwards a été approuvé par l'Académie, et sera inséré dans les volumes des *Savans étrangers*.

M. Latreille fait un rapport sur un insecte envoyé d'Amérique, et qui avait été remis à l'Académie par ordre de Son Excellence le Duc de Richelieu.

Cet insecte n'est autre chose que la *cigale dix-sept* (*cicada septem decim* de *Linnæus*.) Elle a déjà été décrite par Kalm, dans les *Mémoires de l'Académie de Stockholm*, année 1756; et par Collinson, dans les *Transactions philosophiques* de 1763. Elle ressemble beaucoup à une espèce de cigale des départemens méridionaux (l'*haematodes* d'Olivier.) Le rapporteur ne trouve aucun fait qui prouve que ces insectes se montrent toujours en abondance, comme on l'a supposé, après des périodes régulières de dix-sept ans.

M. Moreau de Jonnès communique des Tables de la mortalité des troupes européennes dans les Indes occidentales.

M. de Montègre achève la lecture de son Mémoire *sur les hémorroïdes*. ( Il est renvoyé à l'examen d'une commission. )

## COMPARAISON *des formes cristallines de la strontiane carbonatée avec celles de l'arragonite.*

PAR M. HAÜY.

( Extrait. )

L'ANALYSE chimique avait paru indiquer, jusqu'à ces derniers temps, une parfaite identité de composition entre l'arragonite et la chaux carbonatée; tandis que, d'après la méthode cristallographique, ces deux substances devaient être séparées comme ayant des formes primitives incompatibles. En 1813, M. Stromeyer annonça qu'il avait découvert dans l'arragonite une certaine quantité de carbonate de strontiane, qui était d'environ $4\frac{1}{2}$ sur 100 dans les cristaux de France, et de $2\frac{1}{2}$ dans ceux d'Espagne. Il avait de plus essayé inutilement de retrouver le même principe dans la chaux carbonatée. Quoique les proportions de carbonate de strontiane fussent très-différentes dans les arragonites de divers pays, on n'en regarda pas moins l'observation de M. Stromeyer comme très-propre à concilier les résultats de la géométrie des cristaux avec ceux de la chimie. Il suffisait pour cela, disait-on, d'attribuer au carbonate de strontiane une force de cristallisation tellement supérieure à celle du carbonate de chaux, qu'elle imprimât à ce dernier sel, quoiqu'en petite quantité, le caractère de sa propre forme. La découverte qu'on fit peu de temps après, dans les environs de Saltzbourg, de cristaux de carbonate de strontiane, sembla confirmer pleinement la conjecture de M. Stromeyer relativement à l'influence de cette substance

sur la forme de l'arragonite. Ces cristaux étaient des prismes hexaèdres réguliers : or, tous les minéralogistes étrangers, depuis le baron de Born jusqu'à M. Jameson, citent cette forme comme appartenant à l'arragonite. On ajoutait que les cristaux d'arragonite, ainsi que ceux de strontiane, sont d'une couleur blanchâtre, et qu'enfin on en rencontre souvent de l'une et l'autre espèce qui ont à-peu-près les mêmes dimensions. Mais c'est par erreur que les cristaux d'arragonite ont été assimilés à des hexaèdres réguliers : quatre des angles latéraux sont de 116°, et les deux autres de 128°, c'est-à-dire, plus forts de 12°. M. Haüy fait voir de plus, dans son Mémoire, par des calculs qui ne sauraient trouver place ici, que la forme primitive de l'arragonite ne peut passer à celle de l'hexaèdre régulier en vertu d'aucune loi admissible de décroissement; en sorte que l'analogie d'aspect que les formes de l'arragonite et de la strontiane ont paru avoir l'une avec l'autre, *non-seulement est démentie par les faits observés, mais n'est pas même dans l'ordre des possibles.* On se rappelle d'ailleurs que MM. Buchols et Meisner ont analysé les arragonites de cinq pays différens, dans lesquelles ils n'ont pas trouvé de carbonate de strontiane (voyez *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. II, p. 176); et que M. Laugier, qui a fait un travail analogue avec le plus grand soin, puisqu'il a constaté dans l'arragonite de Bastènes la présence de $\frac{1}{1000}$ de carbonate de strontiane qui avait tout-à-fait échappé aux chimistes allemands, n'en a pas trouvé la moindre trace dans des cristaux dont les uns provenaient de Baudissero près de Turin, et les autres du pays de Gex. (Voyez *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. IV, p. 361.)

Il reste donc toujours à découvrir comment deux substances aussi distinctes, quant aux formes cristallines, que le carbonate de chaux et l'arragonite, présentent néanmoins une parfaite identité de composition.

---

## Sur *les Expériences faites avec le chalumeau à mélange détonnant d'oxigène et d'hydrogène.*

Nous avons inséré, tome III, page 39 et suivantes, la traduction du Mémoire dans lequel M. Clarke, professeur de Cambridge, annonçait qu'à l'aide du nouveau chalumeau, il était parvenu à réduire à l'état métallique la baryte, la strontiane et même la silice. Quelque temps après, ces expériences furent répétées à Londres, dans le laboratoire de l'Institution royale, en présence des chimistes les plus distingués, mais sans aucun résultat satisfaisant (1). Un second écrit que M. Clarke vient de publier dans le Journal du Dr Thomson, renferme quelques détails qui, s'ils n'éclaircissent pas tout-à-fait les doutes qu'on a élevés sur l'exactitude des premiers résultats, devront du moins être pris en considération par les chimistes qui desireraient faire, à ce sujet, de nouvelles expériences.

---

(1) Dans le laboratoire de l'Institution royale, la réduction des terres ne réussit point lors même qu'on les mêla avec des corps qui devaient la favoriser, tels que le charbon et d'autres substances combustibles. Le chalumeau dont on se servait produisait cependant une chaleur très-intense, et qui suffisait pour fondre le cristal de roche, le corindon, l'alumine pure, etc.

En se servant d'un chalumeau auquel était adapté un cylindre de sûreté destiné à prévenir les explosions, M. Clarke a reconnu la possibilité de donner au jet de gaz jusqu'à $\frac{1}{25}$ de pouce de diamètre. Suivant lui, on chercherait vainement à opérer la réduction des terres si la chaleur de la flamme n'est pas suffisante pour fondre un fil de *platine* de $\frac{1}{10}$ de pouce de diamètre, et même si cette fusion n'est pas accompagnée d'une vive scintillation. Toutes les fois qu'une circonstance quelconque abaissait la chaleur de la flamme au-dessous du point que nous venons d'indiquer, la décomposition de la baryte n'avait plus lieu.

M. Clarke rapporte que plusieurs chimistes ont attribué l'aspect brillant qu'acquiert la baryte quand on la fond à la flamme du chalumeau, à une légère pellicule de fer ou de zinc qu'aurait déposée l'hydrogène ; car on suppose que ce gaz renferme toujours en dissolution une petite proportion du métal qui a servi à le former. A cela, l'auteur répond d'abord qu'un tel dépôt ne s'observe pas quand on applique la flamme du chalumeau au *corindon*, au *cristal de roche*, au *zircon*, *etc.* Il ajoute ensuite qu'après avoir dissous une portion de son *plutonium* dans de l'eau contènant quelques gouttes d'acide nitrique, il n'a obtenu aucun précipité, ni par l'addition de la *teinture de noix galles*, ni par celle de l'*hydrogène sulfuré*; ce qui prouve l'absence du fer et du zinc.

Le gaz hydrogène préparé par l'action du zinc sur l'eau mêlée à de l'acide muriatique, donnait à lui seul un jet de flamme assez vif pour fondre des *feuilles de platine* et des fils de fer.

L'étain ligneux se fond complètement à la flamme du

chalumeau alimenté par le mélange d'oxigène et d'hydrogène, acquiert une couleur analogue à celle de la plombagine et un éclat métallique très-décidé. Il est alors fort dur et se réduit aisément en une poudre très-fine. Du reste, il se maintient pendant l'opération à l'état d'oxide, puisque les acides nitrique, muriatique et nitro-muriatique n'agissent pas sur lui, même à l'aide de la chaleur (1).

Pendant les expériences que M. Clarke a faites sur la fusion de l'étain ligneux, il a observé un dépôt de cristaux blancs, brillans, vitreux et en tables quadrangulaires; mais il n'a pas cherché jusqu'ici à en déterminer la nature.

Le *peroxide de chrôme*, mêlé avec de l'huile, se fond à l'aide du chalumeau; mais il ne paraît pas réduit.

En alliant parties égales en volume de platine et d'or, on obtenait un bouton extrêmement malléable, et qui s'étendait sous le marteau sans jamais présenter la moindre déchirure sur ses bords. La couleur était à-peu-près la même que celle de l'or. Quand on employait les proportions de deux parties de platine sur une d'or, l'alliage était brillant.

---

(1) Le Dr Thomson, de qui nous empruntons ces détails, regarde l'éclat métallique que l'étain ligneux et probablement toute autre mine de ce métal, acquièrent par la fusion, comme directement opposé au système des géologues vulcanistes : en sorte que, suivant lui, il n'est plus possible de supposer que les granites dans lesquels il existe du minerai d'étain, ont été primitivement à l'état de fusion.

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRES. | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 755,04 | +14,4 | 86 | 754,67 | +18,2 | 69 | 754,34 | +20,5 | 56 | 754,82 | +16,9 | | +20,5 | +11,0 | Eclaircies. | S. |
| 2 | 756,73 | +17,0 | 71 | 757,[illegible]0 | +20,7 | 56 | 757,14 | +20,0 | 52 | 758,44 | +14,6 | 75 | +21,2 | +11,7 | Eclaircies. | N. O. |
| 3 | 756,87 | +17,1 | 82 | 756,60 | +19,0 | 77 | 756,77 | +14,1 | 82 | 756,43 | +14,4 | 97 | +19,0 | +10,5 | Pluie fine. | S. |
| 4 | 756,24 | +16,6 | 74 | 755,93 | +18,2 | 66 | 755,28 | +19,7 | 58 | 755,51 | +14,5 | 70 | +19,7 | +12,6 | Couvert. | O. S. O. |
| 5 | 757,07 | +18,9 | 72 | 757,18 | +20,0 | 64 | 757,40 | +21,0 | 55 | 759,06 | +15,5 | 77 | +21,0 | +13,5 | Très-nuageux. | N. O. |
| 6 | 759,41 | +18,7 | 72 | 758,89 | +21,9 | 56 | 757,63 | +21,7 | 46 | 757,31 | +18,7 | 58 | +21,9 | +10,5 | Nuageux. | N. E. |
| 7 | 755,52 | +20,6 | 70 | 754,38 | +23,7 | 60 | 751,36 | +26,2 | 58 | 752,17 | + | 80 | +26,2 | +11,7 | Légers nuages. | E. N. E. |
| 8 | 750,67 | +20,5 | 79 | 750,92 | +19,7 | 82 | 7[illegible],37 | +18,9 | 78 | 755,12 | +13,2 | 89 | +21,0 | +13,2 | Petite pluie. | S. O. |
| 9 | 756,84 | +17,5 | 78 | 757,00 | +19,7 | 64 | 756,77 | +20,2 | 54 | 757,44 | +14,0 | 75 | +20,2 | +11,4 | Très-nuageux. | S. O. |
| 10 | 758,24 | +19,2 | 67 | 757,82 | +20,6 | 55 | 757,77 | +21,0 | 58 | 757,42 | +13,7 | 87 | +21,0 | +12,7 | Eclaircies. | O. S. O. |
| 11 | 756,15 | +18,2 | 82 | 754,36 | +21,4 | 66 | 751,98 | +23,5 | 60 | 748,91 | +13,8 | 75 | +24,0 | +12,5 | Légèrement couvert. | S. |
| 12 | 747,36 | +14,0 | 92 | 747,90 | +14,2 | 94 | 747,94 | +17,5 | 77 | 747,91 | +11,7 | 97 | +18,2 | +11,7 | Pluie continuelle | S. |
| 13 | 748,98 | +16,4 | 81 | 749,68 | +2[illegible],0 | 73 | 751,09 | +20,5 | 66 | 754,37 | +15,0 | 87 | +20,5 | +11,5 | Couvert | S. O. |
| 14 | 755,09 | +20,1 | 75 | 754,40 | +21,9 | 67 | 753,11 | +22,5 | 58 | 752,48 | +17,2 | 76 | +22,8 | +12,7 | Légers nuages. | S. |
| 15 | 756,71 | +19,2 | 73 | 756,85 | +22,0 | 64 | 756,80 | +22,7 | 57 | 757,83 | +15,5 | 78 | +22,7 | +12,9 | Nuageux. | S. O. |
| 16 | 756,06 | +23,7 | 64 | 75[illegible],63 | +26,7 | 66 | 751,10 | +29,0 | 62 | 750,35 | +22,5 | 74 | +29,0 | +13,5 | Nuageux. | S. |
| 17 | 756,94 | +17,7 | 70 | 757,48 | +19,2 | 64 | 756,78 | +20,5 | 57 | 757,92 | +14,5 | 76 | +20,5 | +12,2 | Très-nuageux. | O. S. O. |
| 18 | 759,92 | +17,1 | 73 | 759,88 | +20,1 | 62 | 75[illegible],25 | +20,4 | 56 | 758,65 | +13,5 | 69 | +21,0 | +10,5 | Couvert | O. |
| 19 | 756,00 | +20,0 | 64 | 755,14 | +23,2 | 58 | 753,19 | +24,1 | 53 | 752,41 | +18,2 | 71 | +24,1 | +10,2 | Nuageux. | S. |
| 20 | 752,05 | +19,9 | 75 | 751,30 | +24,0 | 66 | 750,42 | +24,4 | 57 | 749,73 | +17,2 | 95 | +25,2 | +14,4 | Nuageux. | S. O. |
| 21 | 752,33 | +16,1 | 79 | 752,28 | +20,1 | 68 | 752,64 | +16,9 | 74 | 754,94 | +13,7 | 91 | +20,1 | +11,1 | Très-nuageux. | S. O. |
| 22 | 758,54 | +15,4 | 83 | 758,92 | +16,5 | 75 | 758,90 | +17,1 | 64 | 751,82 | +12,3 | 82 | +17,1 | +12,2 | Couvert. | N |
| 23 | 758,35 | +15,5 | 77 | 757,01 | +18,6 | 59 | 756,00 | +20,1 | 56 | 755,49 | +13,2 | 77 | +20,1 | + 8,2 | Très-nuageux. | N. E. |
| 24 | 752,45 | +17,9 | 77 | 750,84 | +22,4 | 61 | 759,84 | +21,[illegible] | 69 | 74[illegible],00 | +12,9 | 95 | +22,4 | + 8,1 | Nuageux. | S. |
| 25 | 740,04 | +13,4 | 94 | 744,13 | +1[illegible],5 | 96 | 742,37 | +17,2 | 93 | 741,88 | +13,0 | 97 | +17,2 | +13,0 | Pluie continuelle. | S. O. |
| 26 | 73[illegible],61 | +16,5 | 82 | 738,29 | +18,4 | 81 | 739,23 | +17,5 | 76 | 738,98 | +13,2 | 89 | +18,4 | +11,7 | Pluie. | S. O. |
| 27 | 740,91 | +17,0 | 83 | 742,06 | +18,6 | 70 | 744,34 | +14,0 | 80 | 757,71 | +13,5 | 87 | +18,6 | +12,5 | Eclaircies. | S. O. |
| 28 | 752,50 | +15,7 | 79 | 753,37 | +18,7 | 68 | 753,76 | +19,1 | 65 | 754,92 | +12,2 | 84 | +19,1 | +11,2 | Très-couvert. | O. |
| 29 | 753,50 | +16,2 | 79 | 754,54 | +18,0 | 65 | 755,02 | +19,0 | 57 | 756,41 | +16,0 | 77 | +19,0 | +13,2 | Couvert. | S. O. |
| 30 | 758,15 | +17,5 | 70 | 757,82 | +18,9 | | 75[illegible],24 | +19,4 | 62 | 757,83 | +13,0 | 82 | +19,4 | +12,2 | Couvert. | S. O. |
| 31 | 75[illegible],27 | +20,0 | 73 | 756,10 | +22,7 | 62 | 75[illegible],71 | +19,5 | 78 | 757,60 | +16,1 | 88 | +22,7 | + 9,7 | Très-nuageux. | S. O. |
| 1 | 756,26 | +18,1 | 75 | 756,06 | +20,2 | 65 | 755,76 | +20,3 | 60 | 756,37 | +15,1 | 79 | +21,2 | +11,9 | Moyennes du 1 au 10. | |
| 2 | 754,53 | +18,6 | 75 | 754,06 | +21,3 | 68 | 753,17 | +22,5 | 60 | 753,06 | +15,9 | 79 | +22,8 | +12,2 | Moyennes du 11 au 20. | |
| 3 | 751,69 | +16,5 | 78 | 751,40 | +18,9 | 70 | 752,28 | +18,2 | 70 | 753,14 | +13,5 | 86 | +19,4 | +11,2 | Moyennes du 21 au 31. | |
| | 754,08 | +17,7 | 77 | 753,76 | +20,1 | 68 | 753,69 | +20,3 | 64 | 754,16 | +14,8 | 82 | +21,1 | +11,7 | Moyennes du mois | +16,4. |

# TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU CINQUIÈME VOLUME.

umboldt

90 80 70 60 70 80 90 100 110 116

Lo

Sommet Concave

Sommet Concave

70

0°

60

Labrador −16° +22°

5°

AMERIQUE

50

−10° +20°

Terr

10°

ASIE

−5° +26°

Chine

−2° +23° Boston

15°

40

Philadelphie

+4° +32° Caroline Sept.

20°

Floride +12° +27°

30

25°

Havane +22° +28°,5

20

10

27°,5

0